
VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Disertační práce doktorského studia

**Výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v závislosti
na environmentálních podmínkách prostředí v průmyslové
krajině**

Ostrava 2009

Mgr. Marie Valová

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

INSTITUT ENVIROMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Disertační práce doktorského studia

**Výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v závislosti
na environmentálních podmínkách prostředí v průmyslové
krajině**

Školitel: Doc. Ing. Barbara Stalmachová, CSc.
VŠB - TU Ostrava

Mgr. Marie Valová
Červen 2009

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracovala samostatně, podle pokynů vedoucího práce a s použitím uvedené literatury.

V Ostravě 30. června 2009

Mgr. Marie Valová

Poděkování

- Doc. Ing. B. Stalmachové CSc. za odborné vedení a připomínky k disertační práci
- RNDr. V. Pláškoví, PhD. za cenné rady a pomoc při určování epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*
- Laboratoři Institutu geologického inženýrství za chemické zpracování vzorků kůry
- Doc. PaedDr. V. Homolovi, PhD. a Dr. Ing. D. Matýskovi za pomoc při statistickém zpracování dat.

Abstrakt

Předmětem disertační práce je výzkum výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v oblasti ovlivněné průmyslovou činností. Ostravská aglomerace patřila vždy k oblastem s vysoce vyvinutým těžebním, hutnickým, strojírenským a chemickým průmyslem a po řadu let zde docházelo k celkovému znečišťování prostředí.

V řadě studií se mechorosty využívají především k zjištění depoziční zátěže na daném území, a to zejména pro svou schopnost přijímat a akumulovat veškeré látky, celým povrchem mechové rostlinky přímo z ovzduší, včetně různých polutantů. Některé epifytické organismy (především některé druhy lišejníků) jsou však velmi citlivé k obsahu škodlivin v ovzduší. Také epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* jsou považovány za organismy citlivé ke znečištění ovzduší.

Nedílnou součástí práce je zároveň určení environmentálních podmínek ovlivňujících výskyt epifytických mechorostů *Orthotrichum*. Environmentální podmínky zahrnují faktory vnitřního prostředí (borka a její fyzikálně-chemické vlastnosti) a vnější prostředí (kvalitativní znaky znečištění ovzduší, klimatické podmínky, vliv slunečního záření apod.).

Závěrem práce je zjištění výskytu jednotlivých druhů epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* na Ostravsku. Zároveň byly určeny nejvýznamnější environmentální faktory prostředí, které mohou ovlivnit výskyt těchto epifytických mechorostů a také byl dále stanoven vliv imisní zátěže na výskyt jednotlivých druhů rodu *Orthotrichum*.

Abstract

The research on the occurrence of the epiphytic bryophytes genus *Orthotrichum* in the area affected by the industrial activity is the object of this doctoral thesis. Ostrava agglomeration has always fallen within the areas where there has been highly developed mining, metallurgical engineering and chemical industries and the environment has been generally polluted here for many years.

The bryophytes have been firstly applied in many studies to find out the deposition loading of a given area; respectively primarily because of their ability to receive and accumulate all substances including the wide range of different pollutants directly from the atmosphere by the whole body surface of the bryophyte plant. However, some epiphytic organisms (mostly representatives of lichens) are very sensitive towards the volume of the pollutants in the atmosphere. The epiphytic bryophytes genus; *Orthotrichum* are considered to be the organisms sensitive towards air pollution.

The diagnosis of the environmental factors that affect the occurrence of the epiphytic bryophytes *Ortotrichum* is the integral part of this thesis. The environmental factors include the indoor factors environment (rhytidome and its physico-chemical properties) and the factors of the outdoor environment (qualitative characters of the air pollution, climate conditions, the impact of the solar radiation etc.).

The conclusion of the thesis surveys the occurrence of the particular varieties of epiphytic bryophytes genus *Orthotrichum* in the area of Ostrava. At the same time the most important environmental factors of the surroundings that can influence the occurrence of these epiphytic bryophytes have been determined. Moreover, the influence of the pollutant loading on the occurrence of the particular varieties of the genus *Orthotrichum* has been set.

Zkratky

VŠB-TU Ostrava	Vysoká Škola Báňská – Technická Univerzita Ostrava
GPS	Global Positioning System
SO₂	oxid siřičitý
Nox	oxidy dusíku
NO₂	oxid dusičitý
NO	oxid dusnatý
PM₁₀	Polétavý prach (Částice, jejichž aerodynamický průměr nepřesahuje 10 µm)
EMEP	Program spolupráce při monitorování a vyhodnocování dálkového šíření látek znečišťujících ovzduší v Evropě
IAP	Index of Atmospheric Purity
ATP	adenosintrifosfátu
NADPH₂	nikotinamidadenindinukleotidfosfat
ČGÚ	Český Geologický ústav
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
FAR	fotosynteticky aktivní záření
TK	těžké kovy

Klíčová slova

biomonitoring, znečištění ovzduší, polutanty, vodní kapacita kůry, fotosyntéza, epifytické mechorosty

Obsah

1. Úvod	14
2. Souhrn dosavadních poznatků	16
2.1. Ekologický výzkum a monitorování.....	16
2.2. Mechorosty a jejich indikační význam.....	16
2.3. Charakteristika výzkumné oblasti.....	19
2.3.1. Geografické a klimatické podmínky.....	19
2.3.2. Průmysl v oblasti ostravské aglomerace a jeho vliv na znečištění ovzduší	21
2.3.3. Hlavní látky znečišťující ovzduší.....	24
2.3.4. Vývoj znečištění ovzduší v oblasti ostravské aglomerace.....	27
3. Cíle práce	31
4. Metodický postup řešení práce	32
4.1. Výběr území pro odběr vzorků.....	32
4.2. Identifikace environmentálních faktorů, které mohou ovlivnit výskyt epifytických mechorostů rodu <i>Orthotrichum</i> a stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů.....	35
4.2.1. Fyzikální faktory prostředí.....	35
4.2.2. Chemické faktory prostředí.....	37
4.2.3. Další faktory ovlivňující výskyt mechorostů rodu <i>Orthotrichum</i>	38
4.3. Odběr vzorků v konkrétních lokalitách.....	39
4.4. Determinace nasbíraných vzorků mechorostů a zpracování kůry v laboratoři....	40
4.5. Statistické vyhodnocení získaných dat.....	40
5. Výsledky	41
5.1. Identifikace environmentálních faktorů a stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů laboratorními podmínkami.....	41
5.1.1. Fyzikální faktory prostředí	41
5.1.2. Chemické faktory prostředí.....	54
5.1.3. Úhel sklonu kmene.....	79
5.1.4. Morfologie kůry.....	79
5.2. Terénní průzkum výskytu epifytických mechorostů rodu <i>Orthotrichum</i>	85
6. Diskuse	90
7. Závěr	104
8. Literatura	107
9. Seznam příloh	114

Seznam obrázků

2.1	<i>Orthotrichum stramineum</i>	18
2.2	Mapa průměrných ročních hodnot PM ₁₀ v městských a vesnických oblastech Evropy.....	30
4.1	Mapa výzkumné oblasti	33
4.2	Fotografie přístroje dataLOGGER LI-1400.....	36
4.3	Příklad odběru vzorků v terénu.....	40
5.1	Graf srovnání denního chodu globálního záření během tří dnů v srpnu.....	42
5.2	Graf srovnání denního chodu intenzity FAR během tří dnů v srpnu 2008.....	42
5.3	Graf srovnání denního chodu intenzity FAR na přímém slunci a pod stromem v srpnu 2008.....	43
5.4	Graf srovnání denního chodu intenzity FAR dne 5. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření 9:45 do 18:15 hodin.....	44
5.5	Graf srovnání chodu intenzity FAR dne 6. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 12:15 do 14:15 hodin.....	44
5.6	Graf srovnání denního chodu intenzity FAR dne 7. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 11:45 do 13:00 hodin.....	45
5.7	Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti během tří různých dnů v srpnu 2008.....	46
5.8	Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 5. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 9:45 do 18:15 hodin.....	46
5.9	Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 6. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 12:15 do 14:15 hodin.....	47
5.10	Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 7. 9. 2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 11:45 do 13:00 hodin.....	47
5.11	Graf srovnání relativní vodní kapacity mezi jednotlivými druhy stromů.....	49
5.12	Graf srovnání procentuální ztráty vody za 24 hodin, mezi jednotlivými druhy stromů.....	51
5.13	Graf srovnání vodní kapacity pro jednotlivé druhy stromů o velikosti kmene cca 1m.....	52
5.14	Graf srovnání procentuální ztráty vlhkosti za 24 hodin, mezi jednotlivými druhy stromů.....	52

5.15	Obrázek celkové depozice SO ₂ v ČR v roce 2006.....	55
5.16	Obrázek celkové depozice NO _x v ČR v roce 2006.....	55
5.17	Obrázek celkové depozice Cd v ČR v roce 2006.....	56
5.18	Graf srovnání hodnoty Mg v různých oblastech pro druh <i>Acer pseudoplatanus</i> ...	61
5.19	Graf srovnání hodnoty P v různých oblastech pro druh <i>Betula pendula</i>	61
5.20	Graf závislosti pH a obsahu K v kůře stromů.....	65
5.21	Závislost mezi konduktivitou a obsahem P _{celk} ve vodném výluhu z kůry stromů...	65
5.22	Mapa výzkumné oblasti s vyznačenými odběrovými lokalitami na jednotlivých transektních liniích orientovanými na světové strany.....	66
5.23	Grafy závislosti mezi Cd a Zn a mezi Cd a Pb v depozici Ostrava - Poruba.....	71
5.24	Graf závislosti mezi Zn a Fe v celkové depozici Ostrava - Poruba.....	71
5.25	Graf obsahu Pb v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	73
5.26	Graf obsahu Cd v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	73
5.27	Graf obsahu Cu v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	74
5.28	Graf obsahu Zn v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	74
5.29	Graf obsahu Ni v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	75
5.30	Graf obsahu Fe v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	75
5.31	Graf obsahu Mn v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	76
5.32	Graf obsahu Cr v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	76
5.33	Graf obsahu As v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	77
5.34	Graf obsahu Hg v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku.....	77
5.35	Závislost mezi obvodem kmene (stářím stromu) a hloubkou zářezů.....	81
5.36	Závislost mezi hloubkou zářezů a vodní kapacitou.....	82
5.37	Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Fe (mg/kg) v kůře.....	83
5.38	Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Mn (mg/kg) v kůře.....	83
5.39	Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Cr (mg/kg) v kůře.....	84
5.40	Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Zn (mg/kg) v kůře.....	84
6.1	Denní chod globálního záření (GR) během jasných dnů května 2003.....	90
6.2	Denní chod intenzity FAR pronikající do porostu v různých výškách měření během jasných dnů května 2003.....	91
6.3	Obsah draslíku v kůře stromů v pozadíových oblastech.....	95
6.4	Mapa s vyznačeným výskytem epifytických mechorostů.....	102

Seznam tabulek

2.1	Průměrné teploty vzduchu v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990.....	20
2.2	Průměrné srážky v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990.	21
2.3	Nejvýznamnější velké stacionární zdroje z pohledu množství produkovaných emisí	22
2.4	Emise stacionárních zdrojů znečištění v kategorii REZZO 1 v roce 2006.....	24
2.5	Imisní hodnoty SO ₂ µg/m ³	28
2.6	Imisní hodnoty NO ₂ µg/m ³	28
2.7	Imisní hodnoty NO _x µg/m ³	29
2.8	Průměrné roční hodnoty PM ₁₀ na vybraných lokalitách.....	29
4.1	Odběrové lokality.....	34
5.1	Průměrné hodnoty vodní kapacity pro vybrané druhy dřevin přepočtené na litry..	50
5.2	Vývoj odhadované depozice S a N v České republice	54
5.3	Vybrané látky znečišťující ovzduší monitorované mokrou depozicí na Ostravsku za rok 2007.....	57
5.4	Základní popisná statistika- <i>Acer platanoides</i>	60
5.5	Srovnání průměrných hodnot Cr, Pb,As, Ni, a Mn u jednotlivých druhů stromů v pozadových oblastech A- Osoblažsko, B- Odersko.....	62
5.6	Srovnání průměrných hodnot u jednotlivých druhů stromů v pozadových oblastech A- Osoblažsko, B- Odersko pro Fe, Cu, Cd, Zn.....	63
5.7	Srovnání průměrných hodnot výluhu pro konduktivitu a pH u jednotlivých druhů stromů	64
5.8	Srovnání obsahu základních chemických makrobiogenních prvků, pH a vodivosti u stromů druhu <i>Fraxinus excelsior</i> v rozdílných lokalitách na Ostravsku.....	67
5.9	Srovnání obsahu základních chemických makrobiogenních prvků, pH a vodivosti u stromů druhu <i>Malus sp.</i> v rozdílných lokalitách na Ostravsku.....	67
5.10	Průměrné obsahy sledovaných parametrů ve vodném výluhu u jednotlivých druhů stromů z pozadových oblastí a z Ostravska.....	68
5.11	Srovnání obsahu těžkých kovů u stromů druhu <i>Malus sp.</i> v rozdílných lokalitách	69
5.12	Srovnání obsahu těžkých kovů u stromů druhu <i>Fraxinus excelsior</i> v rozdílných lokalitách.....	69

5.13	Srovnání průměrných hodnot obsahu těžkých kovů v kůře u všech stromů na Ostravsku a v kůře stromů z pozadových oblastí.....	70
5.14	Porovnání koeficientů korelace pro celkový obsah těžkých kovů v kůře na území Ostravska a pro chemizmus mokré depozice Ostrava- Poruba (ČHMÚ).....	70
5.15	Průměrné hodnoty těžkých kovů v kůře stromů na konkrétních výzkumných lokalitách na Ostravsku.....	72
5.16	Celková suma těžkých kovů a celková suma rizikových prvků (RP) bez železa v kůře stromů v konkrétních výzkumných lokalitách.....	78
5.17	Průměrný obvod kmene a průměrná hloubka zářezů kůry pro jednotlivé druhy stromů.....	80
5.18	Průměrné hodnoty vodní kapacity a hloubky zářezů v kůře z Ostravska.....	81
5.19	Výskyt epifytického mechorostu rodu <i>Orthotrichum</i>	86
6.1	Nalezené druhy rodu <i>Orthotrichum</i> a hostitelské dřeviny, na kterých se vyskytovaly	96
6.2	Nalezené druhy rodu <i>Orthotrichum</i> a druh <i>Ulotia bruchii</i> a hodnoty makrobiogenních prvků kůry hostitelské dřeviny, na kterých se v oblasti Ostravska vyskytovaly.....	97
6.3	Nalezené druhy rodu <i>Orthotrichum</i> a druh <i>Ulotia bruchii</i> a hodnoty intervalů těžkých kovů v kůře stromů na kterých se dané druhy ve výzkumných oblastech Ostravska vyskytovaly.....	99
6.4	Výzkumné oblasti s celkovou sumou obsahu rizikových látek (RL) v kůře stromů a s nalezenými druhy r. <i>Orthotrichum</i>	101
6.5	Vysvětlivky znaků k obrázku.....	102

1 Úvod

Severní Morava patřila vždy k oblastem s vysoce rozvinutým těžebním, hutnickým, strojírenským a chemickým průmyslem. Díky intenzivní činnosti člověka zde docházelo po řadu let ke znečišťování ovzduší. Mezi hlavní polutanty ovzduší v oblasti ostravské aglomerace patří zejména oxid siřičitý, oxidy dusíku a poléťavý prach.

Od roku 1988 můžeme pozorovat postupné klesající trendy ve znečištění ovzduší České republiky jak oxidem siřičitým, tak prašným aerosolem. Na konci 90. let bylo již zastoupení těchto látek zásluhou masivní ekologizace či útlumu nejvíce znečišťujících výrobníků (elektrárny, výroba tepla, chemické provozy, uhelný průmysl atd.) minimalizováno (roční průměrné koncentrace SO_2 poklesly na 15 až 30 % hodnot z přelomu 80. a 90. let, koncentrace poléťavého prachu poklesly na 20 až 50 %). Tento pokles je zvláště výrazný po roce 1996. Po roce 1996 je v severozápadní oblasti republiky a na Ostravsku zřetelný i pokles koncentrací oxidů dusíku (www.env.cz).

V posledním desetiletí směřovaly aktivity v ochraně ovzduší zejména na tvorbu nové legislativy, plně slučitelné s příslušnými právními předpisy Evropských společenství, která zároveň zajistí plnění závazků vyplývajících z dalších mezinárodních smluv a závazků v této oblasti. Všechny velké průmyslové podniky přijaly zákony a právní předpisy z oblasti ochrany ovzduší v ČR (Obroučka, 2001). U velkých zdrojů byly realizovány programy snižování znečišťování ovzduší, a to snižování emisní zátěže tuhými látkami a významné omezování plyných emisí (odsířování, denitrifikace). Dále nastala rozsáhlá plynofikace středních a malých zdrojů (Kříž, 1998). Přesto průmyslové závody emitují do ovzduší stovky různých sloučenin, které jsou vůči vegetaci v různé míře toxické. Velké množství škodlivin v ovzduší má svůj zdroj v průmyslu a energetice. Zhoršující se stav vedl nejen k postupné identifikaci a charakterizaci přítomných látek, ale promítl se i do rozsáhlejších projektů zabývajících se soustavným sledováním transferu a přeměn kontaminantů v abiotickém a biotickém prostředí.

Mnohé změny vegetačního krytu jsou přisuzovány právě znečištění ovzduší (Wolterbeek, 2002). Po vystavení škodlivých vlivů může dojít nejprve ke zhoršení fyziologických funkcí (např. poškození fotosyntetického aparátu), dále dochází k morfologickým změnám (např. destrukce kutikuly) a někdy může také dojít ke snížení, nebo naopak ke zvýšení biodiverzity v daném území (Falla et al., 2000). Bioindikace a biomonitoring slouží jako vhodný nástroj k získávání informací o polutantech v ovzduší (Zechmeister et al., 2006). Mezi významné bioindikátory pro monitoring vzdušného

znečištění různými elementy patří mechorosty, které velmi účinně absorbují četné látky z ovzduší (Sucharová, Suchara, 2004).

2 Souhrn dosavadních poznatků

2.1 Ekologický výzkum a monitorování

Ekologický výzkum a monitorování sledovaných jevů vychází velmi často z údajů o prostorovém, časovém a druhovém rozšíření organismů a jejich početnosti. Jedná se o komplex reakcí a odpovědí organismu na dané stanovištní podmínky. Biologické monitorování tedy chápeme jako ekologický výzkum, který zahrnuje nejen sledování a sběr informací, ale také jejich zpracování, vyhodnocení a interpretaci získaných výsledků. Biologické a ekologické monitorování hraje významnou úlohu v ochraně organismů, přirozených společenstev a krajiny (Kocourek, Hajšlová, Tomaniová, 2003). Biomonitoring v základním smyslu může být definován jako užití organismu (rostlin, živočichů) k získávání kvantitativních a kvalitativních informací na určité charakteristiky biosféry (Chakraborty et al., 2006). Důležité informace získané biomonitoringem jsou vyvozené převážně ze změn chování monitorovaného organismu, např. dopad na druhovou skladbu (Wolterbeek, 2002). Organismy mohou být využity pro monitorování kontaminace prostředí ve dvou rolích: jako bioindikátory nebo biomonitory. Podle tohoto přístupu představují bioindikátory a biomonitory organismy (nebo komunity organismů), které dávají informaci o kvalitě změn v prostředí, nebo množství environmentálních polutantů (nebo jejich změn). Rozdíl mezi bioindikátorem a biomonitorem je zejména v typu informace, kterou poskytuje, tj. kvalitativní, nebo kvantitativní (Kocourek, Hajšlová, Tomaniová, 2003). Dle Markerta bioindikátory všeobecně označujeme všechny organismy, které poskytují informace o životním prostředí, nebo kvalitě environmentálních změn. Biomonitorem označujeme organismy, které poskytují kvantitativní informace o kvalitě životního prostředí (Chakraborty et al., 2006, Poikolainen, 2004).

2.2 Mechorosty a jejich indikační význam

Mechorosty jsou výtrusné zelené rostliny, které patří k vývojově nejstarším skupinám dnes existujících rostlin. Obsahující chlorofyl a, b a jejich zásobní látkou je škrob. Mechy nedisponují řádným kořenovým systémem. U mechorostu se na získání vody (a živin) podílí celá rostlinka. Voda je získávána nejen z deště, ale i z vlhkého substrátu, rosy, mlhy apod. Vedení vody je nejčastěji uskutečňováno tzv. vnější cestou, tedy vztlínáním po vnější ploše lodyžky. Mechorosty mají relativně velký povrch, který není téměř pokryt kutikulou.

Také je třeba si uvědomit, že lístky mechorostů nemají průduchy (na rozdíl od cévnatých rostlin), a tudíž snaha zabránit nadměrné evaporaci tvorbou silné celoplošné kutikuly by byla ve svém důsledku kontraproduktivní. Zamezila by totiž nejen ztrátám vody, ale také výměně plynů mezi buňkami a okolím, což by znamenalo omezení přísunu CO₂ nutného pro fotosyntézu (Plášek, 2005). Vzhledem k relativně velkému povrchu stélky a malým bariérám je pro mechorosty typická snadná a poměrně rozsáhlá komunikace s okolím spojená s velkou citlivostí mechorostů na substrát i kvalitu ovzduší. Díky těmto morfologickým znakům probíhá příjem vzdušných polutantů téměř výhradně depozicí částic. Obecně se uvádí vyšší citlivost mechorostů k toxickým látkám v substrátu a v ovzduší než u cévnatých rostlin.

Význam mechorostů jako indikační skupiny je dán zejména velmi úzkou vazbou na abiotické podmínky prostředí. Tato vazba je způsobena ekofyziologickými vlastnostmi těchto organismů, kdy povrch stélky je vzhledem k celkové velikosti mechorostů obrovský, a neexistují prakticky bariéry bránící průniku roztoků do fyziologicky aktivních center (Kučera, www.usbe.cas.cz/cervenakniha/).

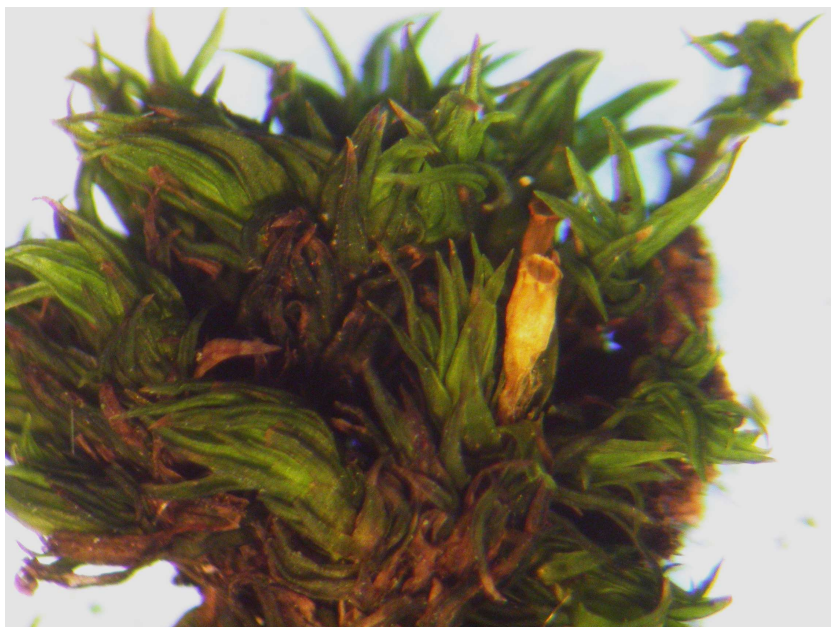
Vzhledem k chybějícímu kořenovému systému, přijímají tedy vodu a živiny a také škodlivé látky celým povrchem mechové rostliny přímo z ovzduší, nebo dešťových srážek (Zechmeister et al., 2006, Davis et al., 2001). Některé druhy mechorostů vykazují velkou rezistenci k různým toxickým látkám (např. těžké kovy, ozón). Naproti tomu jsou druhy mechorostů velmi senzitivní, a to zejména na obsah SO₂ a NO_x v ovzduší (Zechmeister et al., 2006). Mechorosty jsou využívány jako bioindikátory znečištění ovzduší různými polutanty řadu let. Mohou být využívány k určení aktuálních a starých atmosférických depozičních zátěží krajiny, k určení koncentrací sloučenin SO₂, NO_x, a těžkých kovů (Barkman, 1958, Gilbert, 1968, Geebelen et al., 2001, Davis et al., 2001, Poikolainen, 2004, Sucharová, Suchara, 2004, Mitchell, et al., 2005, Zechmeister et al., 2006, Davies et al., 2007).

Metody využití mechorostů jako bioindikátoru k posouzení kvality ovzduší jsou založeny zejména na chemické analýze mechorostů (např. *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*), kdy úrovně bioakumulovaných prvků v těchto terestrických bokoplodných družích byly na rozdíl od některých jiných typů bioindikátorů těsně korelovány s aktuální relativní nebo dokonce absolutní úrovní atmosférického spadu prvků a jejich sloučenin (Sucharová, Suchara, 2004).

Jiné metody vycházejí z pokryvnosti či početnosti různě citlivých taxonů epifytických mechorostů či lišejníků v dané oblasti a stanovení tak indexu čistoty ovzduší

IAP (Index of Atmospheric Purity) (Geebelen et al., 2001, Zechmeister et al., 2006). Epifytické mechorosty totiž nejsou vhodné k chemické analýze pro monitorování depoziční zátěže odvozené z dešťových srážek a to z důvodů, že dešťová voda, která stéká po kmeni, je obohacována chemickým složením kůry stromu, na kterém se vyskytují. Chemický obsah prvků v epifytických mechorostech rostoucích na kmeni stromů tak může slabě reflektovat chemismus kůry stromu. Přesto však tok dešťové vody po kmeni smývá chemické látky z ovzduší usazené na povrchu listů, větví a kůry kmene stromu (Davis et al., 2001). Podle Sauera a Frahma (in Zechmeister et al., 2006) mezi epifytické mechorosty citlivé ke znečištění ovzduší patří druhy rodu *Orthotrichum* (*Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum stramineum*).

Tyto mechorosty patří do skupiny obligátních epifytů. Jsou to polštářkovité, korové mechy. Lodyhy jsou přímé, nebo vystoupavé, jen dole vlášenité (obrázek 2.1). Listy za sucha nejsou nikdy kadeřavé, jen přilehlé, za vlhka odstálé, až skoro kostrbaté (Pilous, Duda, 1960).



Obrázek 2.1: *Orthotrichum stramineum* (foto M. Valová)

Díky předpokládané citlivosti ke kvalitě ovzduší patří skupina epifytických mechorostů (a druhy rodu *Orthotrichum*) k velmi účinným indikátorům kvality ovzduší. Význam biologického monitorování spočívá v pochopení environmentálních podmínek prostředí a změn v populacích epifytů, v našem případě rozšíření jejich výskytu.

Bez údajů získaných monitorováním či sledováním není snadné prokázat citlivost epifytických mechorostů druhu *Orthotrichum* ke znečištění ovzduší různými polutanty.

2.3 Charakteristika oblasti výzkumu

2.3.1 Geografické a klimatické podmínky

Základní rysy povrchu výzkumné oblasti jsou dány především strukturou podloží a charakterem geomorfologického vývoje. Severní část má nížinný charakter, který zaujímá Ostravská pánev. Uprostřed akumulčních rovin Ostravské pánve vystupuje nepřehledná výrazná erozně denudační pahorkatina Ostravské plošiny, která svým ústředním hřbetem v prostoru - Petřvald, Orlová, Karviná přesahuje výšku 330 m.n.m. Na jihu zasahuje severní část Moravské brány (Oderská brána). Její reliéf, podobně jako reliéf Ostravské pánve, byl silně ovlivněn pleistocénním zaledněním. Má plochý ráz a je rozčleněna, často asymetricky, široce rozevřenými údolími. Dále zde zasahuje Podbeskydská pahorkatina (v její severní části rozdělena na Příborskou a Těšínskou pahorkatinu (Havrlant et al., 1980). Na západě zasahuje část Opavské pahorkatiny.

Ostravská aglomerace je tedy geomorfologicky tvořena Ostravskou pánví, částí Podbeskydské pahorkatiny, severní částí Moravské brány a částí i Opavské pahorkatiny. Dominujícím jádrem je město Ostrava, k němuž se připojují jádra svým způsobem satelitního charakteru v kooperujících vazbách – Frýdek-Místek, Třinec, Český Těšín, Karviná (Mištera et al., 1985).

Průměrné letní teploty se pohybují kolem 20 °C, zimní kolem 0 °C. První dny se sněhovou pokrývkou se objevují v horských oblastech v říjnu, v nížinách koncem listopadu nebo počátkem prosince. Roční průměrná teplota se v závislosti na nadmořské výšce pohybuje od 9,4 °C (Mošnov) do 4,4 °C (Lysá hora), roční srážkový úhrn činí 650 mm až 1 500 mm. Beskydská Lysá hora je nejdeštivějším místem v České republice. Počasí se odvíjí od typu atmosférického proudění. Převládá-li severovýchodní proudění v zimě, pak je počasí stálé a mrazivé, v létě lze však při tomto proudění očekávat suché a horké dny. Jižní proudění přináší v každém ročním období výrazné oteplení, například v posledních letech způsobuje neobvyklé teplé dny již v květnu. Nejméně stálé počasí lze očekávat při výskytu atlantického (západní až severozápadní) proudění. To běžně přináší srážky způsobené přechodem frontálních systémů. Právě atlantické proudění je nejobvyklejší (<http://o-kraji.kr-moravskoslezsky.cz/cz/prakticke-informace/pocasi-a-dnebi/default.aspx>).

Větrné charakteristiky jsou silně ovlivněny reliéfem. A dle Havrlanta (1980) převládá v Ostravské pánvi JZ proudění, což je zřejmě usměrněním větru Moravskou bránou.

Následující tabulka 2.1 ukazuje průměrné teploty vzduchu v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990 v celé ČR a v Moravskoslezském kraji, kde

T: Průměrná měsíční teplota vzduchu v roce 2008 (°C)

N: Dlouhodobý normál 1961–1990 (°C)

O: Odchylka od normálu (°C) - operativní data dle ČHMÚ

(<http://pocasi.chmi.cz/index.html/>).

Tabulka 2.1: Průměrné teploty vzduchu v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990

Území Region		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	T	1,3	2,3	3,0	7,8	13,6	17,4	17,9	17,5	12,0	8,3	4,6	0,7	8,9
	N	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8,0	2,7	-1,0	7,5
	O	4,1	3,4	0,5	0,5	1,3	1,9	1,0	1,1	-0,8	0,3	1,9	1,7	1,4
Moravskoslezský	T	1,2	2,1	2,8	7,7	12,8	17,2	17,6	17,4	11,8	9,1	5,3	1,0	8,8
	N	-3,2	-1,7	1,9	6,7	11,9	15,0	16,3	15,9	12,5	8,0	2,7	-1,4	7,0
	O	4,4	3,8	0,9	1,0	0,9	2,2	1,3	1,5	-0,7	1,1	2,6	2,4	1,8

Tabulka 2.2 zobrazuje průměrné srážky v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990 v celé ČR a v Moravskoslezském kraji, kde

S: Průměrný úhrn srážek v roce 2008 (mm)

N: Dlouhodobý normál 1961–1990 (mm)

%: Průměrný úhrn srážek v procentech dlouhodobého normálu - operativní data dle ČHMÚ (<http://pocasi.chmi.cz/index.html/>).

Tabulka 2.2: Průměrné srážky v roce 2008 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990

Kraj Region		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	38	28	61	52	56	59	84	69	49	44	43	36	619
	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	673
	%	91	73	153	112	76	70	107	88	94	104	88	74	92
Moravskoslezský	S	44	28	57	47	92	69	146	94	100	36	31	44	788
	N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
	%	105	63	132	80	98	64	139	96	158	73	53	84	97

2.3.2 Průmysl v oblasti ostravské aglomerace a jeho vliv na znečištění ovzduší

Ostravská průmyslová aglomerace je jednou z nejvíce znečištěných lokalit České republiky, což je zohledněno také v jejím vyhlášení jako oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Toto znečištění je výsledkem nevídané historické koncentrace těžkého hutního průmyslu, který zcela zákonitě produkuje značné množství znečišťujících látek do všech složek životního prostředí (Štěrba, 2008). Historie průmyslové výroby v kraji sahá do počátku 19. století a její vliv na životní prostředí lze pozorovat v mnoha místech. Vedle viditelných stop v krajině způsobených těžbou uhlí a jeho zpracováním (haldy, poklesy půdy, kalové rybníky), se průmyslová odvětví negativně projevují zejména právě nadměrným znečištěním ovzduší. I když se jedná v mnoha případech jen o zlomek znečištění vypouštěného v období šedesátých a sedmdesátých let, přesto je a nějakou dobu bude situace v překračování limitů kvality ovzduší na téměř celém území Moravskoslezského kraje velmi nepříznivá (Machálek, 2008). Většina urbanizovaného území je svou polohou v Ostravské pánvi dobře větratelná. Přesto však hlavně Ostrava, Třinec, Bohumín mají klimatické poměry méně vhodné a spád popílku jde často nad hranici normy (Mištera et al. 1985).

Jednou z hlavních příčin znečištění ovzduší v České republice je nepochybně produkce tepelné energie. Spalování uhlí je doprovázeno množstvím látek, které jsou emitovány do ovzduší (SO₂ a NO_x, CO₂, a tuhé znečišťující látky obsahující částice

těžkých kovů), (Fott et al., 1998). Nejvýznamnějším energetickým podnikem v kraji je ČEZ, a.s., Elektrárna Dětmárovice, postavena v letech 1972-1976, která je svým výkonem 800 MW největší klasickou elektrárnou na Moravě. Elektrárna ročně vyrobí okolo 2,5 TWh elektrické energie a více než 800 TJ tepla, které dodává především do města Orlová. Divize Ostrava podniku Dalkia Česká republika zahrnuje 15 provozoven evidovaných v REZZO 1 a dalších více než 50 provozoven v REZZO 2. Dodává teplo do nejrozsáhlejší sítě centralizovaného zásobování teplem ve střední Evropě čítající téměř 100 000 domácností, mnoha průmyslových podniků a komunální sféru (Machálek, 2008).

Tabulka 2.3 ukazuje nejvýznamnější zdroje a jejich hlavní znečišťující látky v roce 2006 v kategorii REZZO1, tabulka 2.4 poté ukazuje nejvýznamnější zdroje a hodnoty znečišťujících látek.

Tabulka 2.3: Nejvýznamnější velké stacionární zdroje z pohledu množství produkovaných emisí (Bruštíř, 2008)

Top zdroje z pohledu emisí TZL a POPs
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 12 Vysoké pece
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. - Výr. surového železa
ArcelorMittal Ostrava a.s - Závod 10 koksovna
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.- Kyslíková konvertorová ocelárna (KKO)
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 13 ocelárna
EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s. -KKO (ocelárna)
ODK, OKK, a.s. - Koksovna Svoboda
ODK, OKK, a.s. - Koksovna Šverma
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. - Koksochemická výroba
Top zdroje z pohledu emisí SO₂
Dalkia Česká republika, a.s. - Elektrárna Třebovice
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 4 energetika
Top zdroje z pohledu emisí NO_x
Dalkia Česká republika, a.s. - Elektrárna Třebovice
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 4 energetika
ČEZ, a.s. - Elektrárna Dětmárovice

V Moravskoslezském kraji spadají také do kategorie energetiky – teplárny, elektrárny a koksovny (ArcelorMittal Ostrava, a.s., dříve Mital Steel Ostrava, OKD, OKK, a.s., TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.), do kategorie výroba a zpracování kovů spadají ocelárny, slévárny, válcovny, vysoké pece, lakovny (ArcelorMittal Ostrava, a.s., TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., ŽDB GROUP a.s., Hyundai Motor Manufacturing Czech s.r.o.), do kategorie chemického průmyslu spadá výroba velkoobjemových chemikálií a farmaceutických produktů (BorsodChem MCHZ, s.r.o., IVAX Pharmaceuticals s.r.o.), do kategorie nakládání s odpady spadá spalovna nebezpečných odpadů (SPOVO, a.s.). V kategorii ostatních zařízení jsou zastoupeny papírny (Biocel Paskov a.s.), povrchová úprava látek (AUTOPAL, s.r.o.) a další (výroba potravin a krmiv, intenzivní chov drůbeže a prasat, atd.) (Bruščík, 2008).

Tabulka 2.4: Emise stacionárních zdrojů znečištění v kategorii REZZO 1 v roce 2006 (Machálek, 2008).

REZZO 1, název zdroje, (t/rok)	TZL	SO ₂	NO _x	CO
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. - Výr. surového železa	673,5	1402,9	1032,9	48533,8
Vysoké Pece Ostrava, a.s.	889,1	2355,7	909,8	39047,7
ArcelorMittal Ostrava, a.s.- Závod 13 ocelárna	79,7	111,4	921	21409,8
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. - Ocelářenská výroba	169,5	27,5	47,5	10735,7
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 4 energetika	177,6	5986,8	3458,6	256,8
Dalkia Česká republika, a.s. - Elektrárna Třebovice	145,5	4775,6	3936,4	107,2
ČEZ, a.s. - Elektrárna Dětmarovice	174,5	1991,5	4180,5	128,2
EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s.- KKO (ocelárna)	78,3	6	214,1	3925,3
ENERGETIKA TŘINEC a.s.	83,6	1839,2	715,8	262,2
Dalkia Česká republika, a.s. - Teplárna Karviná	30,4	1467,1	631,4	71,1
ArcelorMittal Ostrava, a.s - Závod 10 koksovna	403,6	188,2	364,9	967,6
Biocel Paskov, a.s.	40,9	577,4	804,4	178,5
ŽDB GROUP, a.s., Bohumín	28,2	38,8	21,3	1420,9

2.3.3 Hlavní látky znečišťující ovzduší

Mezi hlavní polutanty v ovzduší v oblasti ostravské aglomerace patří zejména oxid siřičitý, jakožto nejvýznamnější fytotoxický polutant, který má prokazatelný fyziologický účinek, a to zejména v rozkladu chlorofylu. Dále oxidy dusíku a polétavý prach s obsahem těžkých kovů.

Oxid siřičitý a jeho vliv na vegetaci dle Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě (1996)

Oxid siřičitý je bezbarvý plyn. Snadno se rozpouští ve vodě a může být oxidován uvnitř vodních kapiček rozptýlených v ovzduší.

Oxid siřičitý vzniká spalováním fosilních paliv obsahujících síru, dále tavením nerostných surovin obsahujících síru a při dalších průmyslových procesech. Zdrojem emisí oxidu siřičitého může být rovněž vytápění domácností.

Oxid siřičitý (SO_2) je vzhledem ke své fytotoxicitě a širokému rozšíření považován v mnoha částech Evropy za nejvýznamnější látku znečišťující ovzduší z hlediska poškozování rostlin.

Příjem oxidu siřičitého rostlinami

Oxidované sloučeniny síry mohou působit na vegetaci jednak přímo, prostřednictvím příjmu nadzemními částmi rostlin, jednak nepřímo, okyselováním půd. Podobně jako ostatní plyny proniká oxid siřičitý do mezofylu listů primárně stomaty. Velikost otevření stomat je řízena převažujícími podmínkami, jako je např. vlhkost, rychlost větru, světlo a teplota. Tyto vnější faktory ovlivňují příjem znečištění, a tím i stupeň poškození plynoucí ze zátěže oxidem siřičitým.

Absorpce plynů je důsledkem rozdílu chemických potenciálů v ovzduší a uvnitř listu. Tok (hmotnostní tok plynu pronikajícího do listu) je úměrný permeabilitě a nepřímo úměrný odporu vůči přestupu hmoty podél difuzní dráhy, po které polutant difunduje mezní vrstvou vzduchu, stomaty, mezibuněčným prostorem a kapalnou fází. Na rozdíl od vyšších rostlin nemají nižší rostliny, např. mechy a lišejníky, srovnatelné vnější buněčné vrstvy, což je příčinou jejich vysoké citlivosti k oxidu siřičitému.

Účinky na rostliny a rostlinná společenstva

Fytotoxické účinky oxidu siřičitého jsou značně ovlivněny schopností rostlinných tkání přeměňovat oxid siřičitý na relativně netoxické formy. Hlavními chemickými sloučeninami tvořenými rozpuštěním oxidu siřičitého ve vodných roztocích jsou siřičitany a hydrogensiřičitany. Rostliny mohou překonávat fytotoxické účinky siřičitanů a hydrogensiřičitanů pomocí enzymatických i neenzymatických transformací. Vznikající a kumulující se sírany jsou podstatně méně toxické než siřičitany. V rostlinných pletivech dochází k různým typům biochemických a fyziologických účinků v závislosti na množství přijatého oxidu siřičitého za jednotku času. Mezi tyto účinky patří rozklad chlorofylu, snížení fotosyntézy, zvýšená respirační rychlost, změny metabolismu proteinů, rovnováhy lipidů a vody a aktivity enzymů. Za hlavní místa působení jsou považovány chloroplasty. Vysoké hodnoty pH uvnitř plastidů jsou příznivé pro tvorbu siřičitanových iontů, které jsou obecně považovány za vlastní toxické produkty oxidu siřičitého ve vodných roztocích. Jejich vysoké koncentrace způsobují akutní poškození ve formě nekrózy listů dokonce i po krátkodobém působení, zatímco dlouhodobé expozice oxidu siřičitého vedou k chronickým poškozením. Kromě viditelných účinků by měla být uvedena skrytá poškození, která mohou zahrnovat celkové zpomalení růstu rostlin a větší vnímavost zasažených rostlin ke stresům vyvolaným klimatickými extrémami či patogeny.

Oxidy dusíku a jejich vliv na vegetaci dle Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě (1996)

Ovzduší znečištěné oxidy dusíku obsahuje jak oxid dusnatý (NO), tak oxid dusičitý (NO₂), často označované společně jako NO_x. Kvantitativně převažujícím oxidem dusíku v ovzduší, který vzniká při denitrifikačních procesech, je oxid dusný (N₂O), jenž se normálně vyskytuje v koncentracích okolo 500 µg/m³. Oxid dusný je inertní plyn nerozpustný ve vodě. Běžně se nezahrnuje mezi oxidy dusíku pod společným označením NO_x a nehraje významnou roli při znečištění troposféry ostatními oxidy dusíku. Ve stratosféře se však oxid dusný podílí na odčerpávání ozonu fotochemickými reakcemi. Největší procento NO_x se dostává do ovzduší především z dopravy, také rostoucí trend úrovně oxidu dusného, způsobený částečně zvýšeným užíváním zemědělských hnojiv, může vést ke globálním klimatickým změnám a zvýšení množství ultrafialového slunečního záření pronikajícího k zemskému povrchu.

Příjem dusíkatých polutantů z ovzduší vegetací

První překážkou, s níž se střetnou oxidy dusíku vstupující z ovzduší do listu rostlin, je aerodynamický odpor mezní vzduchové vrstvy. Nepromíchávané vrstvy vzduchu, které přiléhají k povrchu listů na obou jeho stranách, představují pro vstup oxidů dusíku důležité bariéry; k přenosu oxidů dusíku napříč těmito vrstvami dochází molekulární difusí plynů v důsledku koncentračních rozdílů v ovzduší a na povrchu listů. Tento odpor mezní vrstvy se mění s rychlostí větru a s různými charakteristikami listů, např. s jejich tvarem, velikostí, orientací a stupněm růstového vývoje. S rostoucí rychlostí větru klesá odpor vůči přenosu plynu difusí mezní vrstvou; tímto mechanismem může rychlost větru měnit rychlost příjmu polutantů. Dále je tato aerodynamická mezní vrstva obecně tenčí na okrajích listů než v jejich středových částech, což může vysvětlit větší škody způsobené polutanty na okrajích listů, a zejména u druhů trav, kde dochází ke strmějším koncentračním gradientům.

Ačkoliv epidermální buňky zabírají mnohem větší část povrchu listů než průduchové štěrby (stomata), voskovité kutikuly, které je pokrývají, podstatně zvyšují rezistenci vůči plynům, jako jsou oxid siřičitý a ozon. Následkem toho je kutikulární odpor vůči pronikání obou plynů obecně velmi vysoký, mnohem vyšší než odpor stomat a vnitřních mezibuněčných vzdušných prostorů v listu. Oxidy dusíků deponované na povrchu listů a stonků však mohou disociovat ve vodním filmu nebo reagovat se složkami kutikulárních vosků, což vede k poškození kutikulárních povrchů. Platí obecné pravidlo, že rostliny méně reagují na oxid dusičitý za podmínek, které způsobují uzavírání stomat, např. za sníženého osvětlení, vlhkosti a nižšího oxidačního stavu dusíku.

Při vysokých a akutně poškozujících koncentracích však oxid dusičitý může mít při jinak stejné celkové zátěži škodlivější účinky v noci než během dne. V chloroplastech se mohou nacházet zvýšené koncentrace dusitanů navzdory relativně malému příjmu oxidů dusíku (NO). Zatímco ve dne dochází v chloroplastech k rychlému rozkladu dusitanů na amoniak v důsledku dostatečné produkce adenosintrifosfátu (ATP) a NADPH₂ (nikotinamidadenindinukleotidfosfat) fotosyntézou, v noci je aktivita nitritreduktázy silně snížena, mj. v důsledku nedostatku energetických a redukčních ekvivalentů.

K tomu, aby plynné polutanty mohly vstupovat do rostlinných buněk, musí projít vrstvou mimobuněčné vody obsažené v buněčných stěnách. Proto je důležitým faktorem, který určuje rychlost pronikání plynu do rostlin, jeho rozpustnost ve vodě. Účinnost rostlinného metabolismu asimilace či přeměny disociačních produktů oxidů dusíku (tj.

dusičnanového a dusitanového iontu) se mění se schopností listů přijímat oxid dusičitý. Významu odporu mezofylu pro regulaci příjmu oxidu dusičitého byla zatím věnována jen malá pozornost vzhledem k obtížím spojeným s přesným měřením. Dále bylo zjištěno, že oxidy dusíku nejúčinněji absorbovaly listy horních částí rostlinného porostu, kde intenzita světla a metabolické rychlosti byly nejvyšší. Existuje soubor důkazů, že produkty oxidů dusíku v listech (dusitany a dusičnany) jsou metabolizovány normálními mechanismy metabolismu dusíku. Proto mohou při nízkých koncentracích hrát roli doplňkového dusíkatého listového hnojiva, zatímco při vyšších koncentracích mohou způsobovat problémy svou toxicitou a poškozovat rostliny.

Účinky na rostliny a rostlinná společenstva

Oxidy dusíku mohou ovlivňovat rostliny různým způsobem, v závislosti na velikosti dávek. Proto jsou pro pochopení účinků oxidů dusíku na rostliny cenné křivky závislosti dávka-odpověď. Uvádí se zprávy o příznivých účincích oxidů dusíku na růst rostlin. Existuje mnoho důkazů o tom, že při nízkých koncentracích nepřesahujících prahové hodnoty toxicity může oxid dusičitý skutečně stimulovat růst; tato stimulace ovšem nemusí být v terénu vždy žádoucí, neboť může například zvyšovat citlivost rostlin k napadení hmyzem nebo ke klimatickým stresům, jako je mráz či sucho.

Také snížení růstu způsobené nízkými koncentracemi oxidů dusíku se liší i mezi vzájemně si blízkými rostlinnými druhy. Skutečná viditelná poškození vyvolaná expozicemi oxidu dusičitému jsou velmi vzácná a vyvolávají je pouze velmi vysoké koncentrace; charakterizují je obvykle chlorotické skvrny objevující se na listech spolu s nekrotizací.

2.3.4 Vývoj znečištění ovzduší v oblasti ostravské aglomerace

Od konce 80. let lze tedy pozorovat celkově klesající trend ve znečištění ovzduší ČR oxidem siřičitým i prашným aerosolem, který je výraznější po roce 1996. V severozápadních Čechách a na Ostravsku je po roce 1996 patrný i pokles koncentrací oxidů dusíku. Od roku 1985 až 1996 byl zaznamenán vývoj celkových emisí hlavních znečišťujících látek, který ukázal výrazný pokles těchto látek. Tento trend snižování emisní zátěže v České republice se samozřejmě odrazil v celkové imisní situaci. Tabulka 2.5 ukazuje průměrné roční hodnoty imisí SO₂ od roku 1997 do roku 2006 ve vybraných lokalitách (Bílý Kříž, Frýdek- Místek, Třinec- Kosmos, Český Těšín, Havířov, Karviná, Ostrava Fifejdy, Ostrava Poruba CHMÚ, Ostrava Poruba V.obvod, Opava Kateřinky a

Studénka (prázdná pole značí, že se v daný rok měření neprovádělo a nebo počet měření nebyl dostačující k tomu, aby se mohl průměrovat).

Tabulka 2.5: Imisní hodnoty SO₂ µg/m³

	Bílý Kříž	F-M	Třinec Kos.	Č.- T.	Havířov	Karviná	Ostr.- Fifejdy	Ostr.- CHMÚ	Ostrava Por.	Opava Kateř.	NJ- Stud.
1997	12	26	26	31	27	34	28	23	24	-	24
1998	8	14	15	19,2	17	23	16	14	18	17	14
1999	8	11	11	16	13	17	13	8	12	11	10
2000	5	9	8	13	10	15	11	5	9	10	9
2001	5,4	12	11	13	10	15	11	5	9	10	9
2002	5	10	10	15	12	16	11	6,9	13	10	11
2003	7,6	11	12	15,4	13,3	16,8	12	-	12,5	9,2	11,4
2004	5,8	9,2	8,2	12,5	10,4	14	8,6	5	9,6	7,3	9,2
2005	5,7	9,2	8,2	12,7	10,6	14,6	9,2	5,2	-	4,7	8,8
2006	5,6	10,2	9,8	14,8	11,6	16,3	9,6	6,7	-	7	9,3
průměr za 10let	6,81	12,16	11,92	16,26	13,7	18,17	12,94	8,7	13,4	9,6	11,57

Zdroj: ČHMÚ

Ve všech zájmových oblastech je patrný pokles imisních hodnot a navíc ani v jedné z měřených lokalit nebyly překročený hodnoty imisního limitu pro kalendářní rok, které činí pro ochranu ekosystému a vegetace 20 µg/m³ (dle nařízení vlády č.597/2006 Sb).

Také v tabulce 2.6 a 2.7 znázorňující vývoj imisí NO₂ a NO_x od roku 1997 do roku 2006 můžeme vidět pokles naměřených hodnot v daných lokalitách, i když to není tak výrazné jako u SO₂. Navíc imisní hodnoty v tabulce 2.7 pro NO_x, zahrnující jak oxid dusnatý (NO), tak oxid dusičitý (NO₂), překračují v některých oblastech hodnotu imisního limitu NO_x pro ochranu ekosystému a vegetace, která činí 30 µg/m³ (dle nařízení vlády č.597/2006 Sb).

Tabulka 2.6: Imisní hodnoty NO₂ µg/m³

	Bílý Kříž	F-M	Třinec Kos.	Č.- T.	Havířov	Karviná	Ostr.- Fifejdy	Ostr.- CHMÚ	Ostrava Por.	Opava Kateř.	NJ- Stud.
1997	9	28	23	29	31	32	28	18	30	-	18
1998	7	22	19	25	26	27	25	-	26	19	15
1999	7	21	18	25	23	26	24	-	25	17	15
2000	6	19	17	23	23	24	24	-	27	17	15
2001	7,4	22	19	24	24	27	25	-	28	18	16
2002	6,7	21	17	25	25	26	27	-	31	18	17
2003	8,1	23,3	20,2	26,8	26,7	28	26,7	20,2	31,5	18	16,9
2004	7,4	20,2	19,2	24,9	25,2	25,4	24,1	17,7	25,8	15,8	17,5
2005	7,1	23	21,5	28,2	26,7	28,1	28	24,7	-	18,5	17,1
2006	6,9	23,7	22,3	29,4	27,7	29,4	28,4	22,4	-	19	17,3
průměr za 10let	7,26	22,32	19,62	26,03	25,83	27,29	26,02	20,6	28,05	17,8	16,48

Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 2.7: Imisní hodnoty NO_x µg/m³

	Bílý Kříž	F-M	Třinec Kos.	Č.- T.	Havířov	Karviná	Ost.- Fifejdy	Ost.- CHMÚ	Ostrava Por.	Op. Kateř.	NJ-Stud.
1997	10	41	31	42	53	45	43		49		24
1998	8	31	25	34	43	35	34	23	41	24	18
1999	8	28	22	34	37	35	33	22	43	21	17
2000	7	26	21	35	42	35	36	20	55	21	17
2001	7,7	30	25	34	38	36	37	23	59	22	19
2002	7	30	23	35	43	36	42	26	66	22	21
2003	8,6	32,2	25,9	36,8	45,4	39,1	43	-	62	22,2	20,1
2004	7,7	26,9	24,8	34,8	40	33,6	35	-	48,4	22	19,2
2005	7,3	31,8	27,8	40	44	38	40	-	-	24,7	20,3
2006	7,3	34,6	29,2	43,4	47,4	40,8	41,7	-	-	23,9	20,6
průměr za 10let	7,86	31,15	25,47	36,9	43,28	37,35	38,47	-	-	22,5	19,6

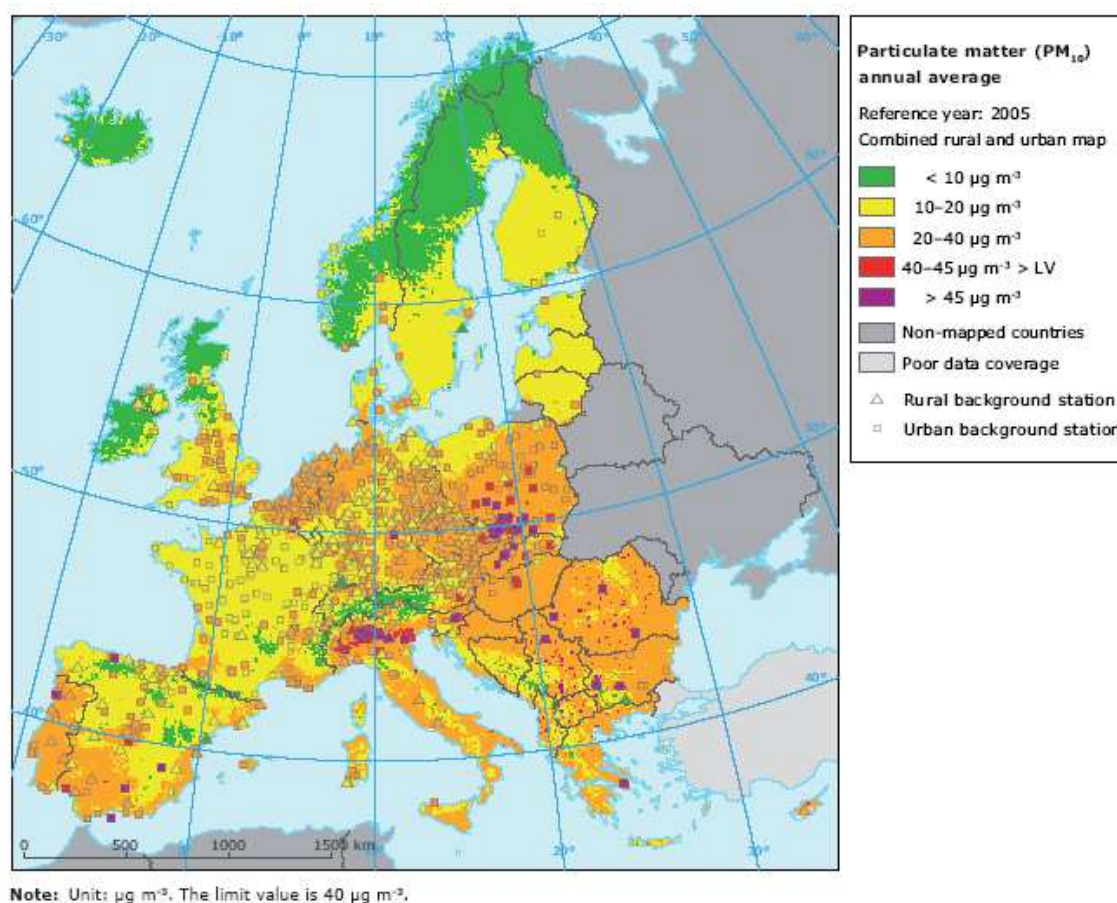
Zdroj: ČHMÚ

Na základě dat získaných z ČHMÚ můžeme říci, že stav znečišťujících látek v ovzduší (zejména SO₂) zaznamenal výrazný pokles, přestože od roku 2000 se tento trend mírně zpomaluje, ale a v některých lokalitách dochází k určité stagnaci poklesu hodnot a dokonce i k mírnému zvýšení. Na základě zjištění dlouhodobého vývoje ovzduší na Ostravsku bude dále proveden terénní výzkum výskytu epifytních mechorostů (zejména rodu *Orthotrichum*). Bude sledována závislost výskytu těchto epifytů a znečištění ovzduší spolu s dalšími faktory, které by mohly ovlivnit jejich výskyt (Valová, 2008). Zatímco hodnoty SO₂, NO_x v předešlých tabulkách mají klesající tendenci, v tabulce 2.8 znázorňující průměrné roční hodnoty PM₁₀ ve vybraných lokalitách v letech 1998–2006 je naopak zřejmý vzrůstající trend znečištění poletavým prachem PM₁₀. Ve většině oblastí můžeme navíc pozorovat překročení imisního limitu PM₁₀ pro ochranu zdraví 40 µg/m³ (dle nařízení vlády č.597/2006 Sb).

Tabulka 2.8: Průměrné roční hodnoty PM₁₀ na vybraných lokalitách

	Bílý Kříž	F-M	Třinec Kos.	Č.- T.	Havířov	Karviná	Ost.- Fifejdy	Ostrava Por.
1998	14	34	32	35	31	30	40	29
1999	19	32	30	32	31	32	41	31
2000	22	32	34	41	39	36	44	34
2001	24	45	35	49	45	46	45	41
2002	28	45	36	51	45	45	50	37
2003	28,9	51,7	42	65,4	66,5	58,9	56,7	42,2
2004	0	43,6	32,1	54,9	56,7	46,1	44,5	37,3
2005	0	48,7	30,3	60,3	56,4	53,7	50,1	43,6
2006	0	43,8	39,5	60,5	54,6	56,7	46,9	37,5

Zdroj dat: ČHMÚ



Obrázek 2.2: Mapa průměrných ročních hodnot PM₁₀ v městských a vesnických oblastech Evropy (European Environment Agency, 2009)

Obrázek 2.2. znázorňuje mapu průměrných hodnot PM₁₀ za rok 2005, naměřených v městských a vesnických oblastech Evropy. Můžeme zde názorně vidět, že severovýchod ČR patří mezi oblasti, ve kterých byl v roce 2005 překročen roční imisní limit PM₁₀ pro ochranu zdraví.

Zvětšená prašnost není vyhovující ani pro vegetaci, protože zaprášení listů rostlin snižuje jejich aktivní plochu. Dalším problémem je, že prachové částice mnohdy obsahují látky (těžké kovy), které jsou toxické a mohou tak zvyšovat už tak negativní vliv SO₂ a NO_x na vegetaci.

V příloze číslo 1 jsou dále uvedeny podrobné hodnoty úniku a přenosu látek znečišťujících ovzduší u vybraných průmyslových podniků v oblasti ostravské aglomerace v letech 2006 a 2007. Tyto hodnoty byly získány z veřejné elektronické databáze Integrovaného Registru Znečišťování, dostupné na stránkách www.irz.cz.

3 Cíle práce

Vzhledem k dosavadním poznatkům byly vytyčeny tyto cíle disertační práce:

1. Zjištění výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v krajině ovlivněné průmyslem.
2. Určení environmentálních podmínek a faktorů vnějšího i vnitřního prostředí.

V rámci splnění druhého cíle bylo nutné vymezit následující dílčí úkoly:

- Přehled znečištění v oblasti – imisní zátěž
- Určení vodní kapacita kůry.
- Určení chemického složení kůry.
- Stanovení světelných podmínek prostředí.
- Stanovení vlhkostních podmínek prostředí.
- Stanovení vlivu sklonu kmene stromu v závislosti na výskytu epifytických mechorostů.
- Zjištění morfologie kůry.

Výsledkem práce by mělo být nejen potvrzení předpokladu citlivosti výskytu *Orthotrichum* ke kvalitě ovzduší, ale také určení nejvýznamnějších environmentálních faktorů ovlivňujících výskyt těchto epifytických mechorostů.

4 Metodický postup řešení práce

Úkolem této disertační práce bylo především zmapování výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v krajině ovlivněné průmyslem, potvrzení předpokladu citlivosti výskytu *Orthotrichum* ke kvalitě ovzduší a určení ostatních environmentálních podmínek a faktorů ovlivňujících výskyt epifytických mechorostů *Orthotrichum*.

V rámci cíle byly stanoveny tyto úkoly a způsoby řešení:

4.1. Výběr území pro odběr vzorků.

4.2. Identifikace environmentálních faktorů, které mohou ovlivnit výskyt epifytických mechorostů druhu *Orthotrichum*. Stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů laboratorními metodami.

4.3. Odběr vzorků v konkrétních lokalitách.

4.4. Determinace nasbíraných vzorků mechorostů.

4.5. Statistické vyhodnocení získaných dat.

4.1 Výběr území pro odběr vzorků

Podíváme-li se na ostravskou aglomeraci do mapy, zjistíme, že uvedená města (Ostrava, Frýdek - Místek, Třinec, Český Těšín, Karviná) tvoří pomyslný kruh, v jehož středu leží město Havířov. Město Havířov bude bráno jako výchozí bod, jelikož leží v blízkosti (v centru) velkých zdrojů znečištění.

- Pro podrobnější účely biomonitoringu bylo vybráno 8 liniových transektů paprskovitě vybíhajících od města Havířov v okruhu 32 km vzdušnou čarou (viz obrázek 4.1).
- Směr jednotlivých transektů je dán orientací světových stran (S, Z, J, V, SZ, JZ, SV, JV).
- Na jednotlivých transektech jsou odběrové intervaly: 4 km, 8 km, 16 km, 32 km
- Plocha lokalit určená pro odběr vzorků v jednotlivých intervalech: cca 1 km²
- V oblasti převládá jihozápadní proudění větru, můžeme tedy předpokládat výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* na vzdálenějších odběrových lokalitách umístěných na SZ, Z, JZ a J transektu.



Obrázek 4.1: Mapa výzkumné oblasti (M= 1:50 000)

Následující tabulka 4.1 popisuje podrobný výčet odběrových lokalit. Celkem se jedná o 32 odběrových lokalit. Z daného výběru se 5 lokalit nachází mimo území České republiky (barevně zvýrazněné oblasti v tabulce 4.1) a z tohoto důvodů na nich výzkum nebyl prováděn.

Tabulka 4.1: Odběrové lokality

1. transektní linie (S)	4 km	Prostřední Suchá- Důl Dukla
	8 km	okolí obce Orlová- Poruba
	16 km	Dolní Lutyně
	32 km	oblast mimo území ČR (nebyl prováděn odběr vzorků)
2. transektní linie (Z)	4 km	Obec Šimška
	8 km	oblast mezí obcí Horní Datyně a Vratimov- Podlesí
	16 km	St. Bělá
	32 km	Stará Ves u Bílovce
3 . transektní linie (J)	4 km	Žermanice
	8 km	oblast mezi obcemi: Lučina, Horní Domaslavice, Pazderna
	16 km	okolí řeky Morávky, mezi obcí Vyšní Lhoty a Raškovice
	32 km	Moravskoslezské Beskydy - Podgruň
4. transektní linie (V)	4 km	obec Životice – okolí vod. Nádr.Těrlicko
	8 km	Chotěbuz - Les v okolí potoku Chotěbuzka
	16 km	oblast mimo území ČR (nebyl prováděn odběr vzorků)
	32 km	oblast mimo území ČR (nebyl prováděn odběr vzorků)
5. transektní linie (SZ)	4 km	Pažgovský les- Podlesí
	8 km	Radvanice
	16 km	Landek – okolí řeky Odry
	32 km	Borová
6. transektní linie (JZ)	4 km	oblast mezi obcí Dol. Datyně, Václavovice
	8 km	Mlázky, prameny říčky Horní Datyňka
	16 km	okolí dolu Staříč III.
	32 km	Libhošťská hůrka
7. transektní linie (SV)	4 km	severní část obce Kouty a obci Albrechtice
	8 km	Stonava
	16 km	oblast mimo území ČR (nebyl prováděn odběr vzorků)
	32 km	oblast mimo území ČR (nebyl prováděn odběr vzorků)
8. transektní linie (JV)	4 km	Horní Těrlicko- okolí vod. Nádr.Těrlicko
	8 km	Obec Zádky
	16 km	Rakovec
	32 km	Milíkov - Pod Lesy

4.2 Identifikace environmentálních faktorů, které mohou ovlivnit výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* a stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů laboratorními metodami

Účinky SO₂ a NO_x na rostlinná společenstva jsou dobře známy. Obecný předpoklad o citlivosti epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* proto vychází nejen z poznatků o účincích těchto polutantů, ale také z důvodu výskytu mechorostů rodu *Orthotrichum* v oblastech malého znečištění těmito polutanty, kde nepřesahují imisní limity pro ochranu ekosystémů a vegetace (pro SO₂ 20 µg.m⁻³ za kalendářní rok a pro NO_x 30 µg.m⁻³ za kalendářní rok), (nařízení vlády č.597/2006 Sb). Jak již bylo uvedeno dle Sauera a Frahma (in Zechmeister et al., 2006), mezi epifytické mechorosty citlivé ke znečištění ovzduší patří druhy *Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum stramineum*.

Nastává ale otázka, jestli je přítomnost SO₂ a NO_x v ovzduší jediným faktorem, který může ovlivnit výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*.

Podle Barkmana (1958) mezi environmentální faktory, které mohou ovlivnit výskyt epifytických mechorostů, můžeme zařadit jak fyzikální faktory prostředí, tak chemické faktory.

4.2.1 Fyzikální faktory prostředí

SVĚTLO

Množství dopadajícího světla, intenzita osvětlení a expozice může mít významný vliv na stanovištní podmínky.

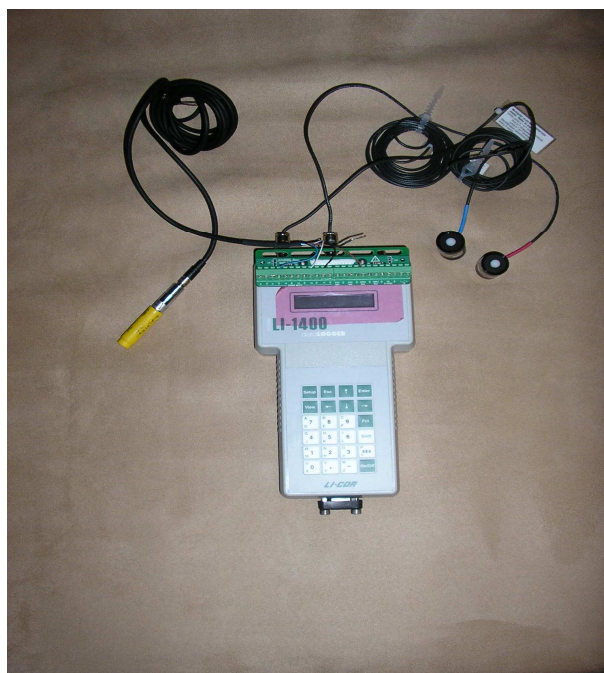
Intenzita a množství slunečního světla bylo měřeno přímo na stanovišti v místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* pomocí přístroje dataLOGGER LI-1400. Součástí tohoto přístroje je senzor pro měření celkového množství dopadajícího slunečního záření a senzor měřící pouze fotosynteticky aktivní záření.

Protože terénní výzkum nebylo možno z důvodu velkého množství lokalit provádět pokaždé ve stejný čas a za stejných meteorologických podmínek, předem proběhlo několikadenní měření slunečního záření. Toto měření mělo mít charakter určení modelových podmínek, kdy bylo zjištěno množství záření dopadajícího na zemský povrch za jasného, polojasného a zataženého dne, a to v určitých časových intervalech. Díky tomu bylo možno porovnat hodnoty naměřené přímo v místě výskytu mechorostů s hodnotami získanými z modelového měření.

VODA

Voda je dalším z faktorů, který může ovlivňovat výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*. Největší vliv může mít v podobě vody zadržené kůrou a v podobě atmosférické vlhkosti.

Atmosférická vlhkost: Vzhledem k morfologickým vlastnostem mechorostů je příjem vody možný z vzdušné vlhkosti. Atmosférická vlhkost byla měřena pomocí senzoru, který byl připojen k přístroji dataLOGGER LI-1400.



Obrázek 4.2: Fotografie přístroje dataLOGGER LI-1400

Vodní kapacita kůry: Schopnost kůry zadržet ve své struktuře určité množství vody může výrazně ovlivnit vlhkost kůry (substrátu, na kterém se epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* vyskytují). Množství vody zachycené kůrou a rychlost ztráty vody kůrou může být dalším z důležitých faktorů, ovlivňujících výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*. Měření vodní kapacity bylo provedeno laboratorně dle Levia a Herwitze (2005) společně s chemickou analýzou kůry.

4.2.2 Chemické faktory prostředí

STANOVENÍ IMISNÍ ZÁTĚŽE V ZÁJMOVÉ OBLASTI

SO₂, *NO_x*, *polétavý prach*: V oblasti ostravské aglomerace se nachází mnoho průmyslových podniků emitujících do ovzduší plynné a tuhé znečišťující látky, jejichž vliv na rostlinná společenstva byl popsán v kapitole 2.3. Imisní zátěž v dané oblasti byla hodnocena pomocí dat získaných z ČHMÚ, ČGÚ a EMEP.

BIOGEOCHEMIE KŮRY

Nejen chemické složení ovzduší, ale také zastoupení prvků a organického uhlíku v substrátu (kůry), ke kterému se epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* přichycují, může mít velký vliv na jejich výskyt v dané oblasti. Proto bylo důležité zjistit obsah biogenních prvků ve vodném výluhu z kůry pro jednotlivé druhy stromů a dále celkový obsah rizikových prvků v kůře. Přirozené obsahy prvků v kůře stromů mohou být různé, mohou se měnit se stářím stromu a také se mohou výrazně lišit mezidruhově (biogenní prvky). Sekundárně se může lišit chemické složení kůry působením znečišťujících látek z ovzduší (Poikolainen, 2004), které se suchou nebo mokrou depozicí dostanou do kůry. Dle Vondráčka (1993) si epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* vybírají pouze určité hostitelské dřeviny. Obecně můžeme říci, že například kůra smrku ztepilého *Picea abies* je přirozeně kyselé a epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* se na nich nevyskytují. Z tohoto důvodu je nutné porovnat chemické složení kůry nejen vybraných druhů dřevin, na kterých se dle Vondráčka dané mechorosty vyskytují, ale na kterých se také tyto mechorosty nevyskytují.

Biogeochemie kůry pro vybrané druhy dřevin byla zjištěna laboratorními metodami uváděnými v literatuře (Poikolainen, 2004, Reimann et al., 2007).

Chemické složení kůry vybraných druhů dřevin bylo zjištěno laboratorními metodami uváděnými v literatuře (Poikolainen, 2004). Pro určení pozad'ových hodnot chemického složení kůry (výluhy) byly odebrány vzorky z oblastí, které nejsou ovlivněné průmyslovou činností anebo jsou ovlivněné jen velmi málo. Pozad'ové hodnoty chemického složení kůry se dále porovnávaly s chemickým složením kůry z lokalit ovlivněných imisní zátěží (oblast ostravské aglomerace).

Obsahy rizikových prvků byly stanoveny metodou AAS po rozkladu vzorku (Reimann et al., 2007). 0.5 g vzorku se nejprve 1 hodinu louží v koncentrované HNO₃ (10

mL) a následně se další hodinu rozkládá v teplém prostředí (horká vodní lázeň). Po ochlazení se přidává lučavka královská (6 ml/g) vzorek se louží za tepla (95 °C) ve vodní lázni po dobu 2 hodin. Po ochlazení se vzorek doplní na konečný objem 5 % HCl a zfiltruje se. Hmotnost vzorku v roztoku je 1 g/20 mL.

Pro určení pozadřových hodnot byly vybrány oblasti Osoblažsko, Odersko- v blízkosti vojenského prostoru Libavá a Vsetínsko- v blízkosti města Vsetín. Tyto lokality se nacházejí SZ, Z a JZ od Ostravska. V každé lokalitě z předem vybraných druhů dřevin byly náhodně vybrány čtyři stromy různé velikosti a tedy různého stáří. Vzorky kůry byly odebírány ze všech hlavních světových stran a ve výšce 1-1,5 m nad zemí pomocí ostrého nože. Velikost odebraných vzorků z každé světové strany byla přibližně 25 cm² v tloušťce až na lýko. Strom byl následně ošetřen balzámem na dřeviny. Vzorky kůry byly uschovány v papírových sáčcích a převezeny do laboratoře k pozdější analýze. Spolu s chemickou analýzou byla stanovena také vodní kapacita.

Chemické složení kůry bylo stanoveno analýzou vodného výluhu, dále obsahem těkavých organických látek (spálením při 470 °C) a stanovením obsahu těžkých kovů v sušině kůry.

Vodný výluh: pH, konduktivita, rozpuštěné látky, rozpuštěný organický uhlík - DOC, Ca (ČSN ISO 6058), Mg (ČSN ISO 6059), Na a K ČSN ISO 9964-3), P (ČSN EN 1189), chlady (ČSN ISO 9297), sírany (ČSN 830520). Pro měření vodivosti a pH byl připraven výluh z navážky 1.5 g jemně rozemleté kůry s 15 ml deionizované vody. pH a vodivost byly změřeny po 24 hodinách vyluhování. V prvních 6 hodinách byl vzorek protřepáván.

Analýza sušiny (spálením při 470 °C) : obsah těkavých organických látek, S, N, C, H

Těžké kovy v sušině (Reimann et al., 2007): Cu, Cd, Co, Cr, Pb, Zn, a dále Fe, Mn

4.2.3 Další faktory ovlivňující výskyt mechorostů rodu *Orthotrichum*

MORFOLOGIE KŮRY

Morfologie kůry (borky) se mění s věkem stromu, mění se charakter povrchu borky, která se v závislosti na druhu stává hrubou, s četnými prohlubněmi, lenticelami, prasklinami a kanálky. Díky těmto morfologickým změnám v závislosti na věku stromu se mohou měnit nejen fyzikální vlastnosti kůry (např. vodní kapacita kůry), ale také chemické složení kůry

(např. obsah živin, obsah těžkých kovů, pH). Z tohoto důvodu byl zároveň měřen obvod kmene stromu a díky tomu bylo odhadnuto přibližné stáří stromu.

ÚHEL SKLONU KMENE

Spolu s obvodem kmene byl v případě nakloněného stromu měřen také úhel sklonu kmene. Úhel sklonu kmene byl měřen pomocí olůvka zavěšeného na 1m dlouhém provázku a vypočítán na základě znalostí trigonometrie pravoúhlého trojúhelníku.

4.3 Odběr vzorků v konkrétních lokalitách

V konkrétních výzkumných lokalitách o velikosti cca 2 km² bylo postupováno následovně:

- a) Byl zaznamenán druh stromu s výskytem epifytického mechorostu rodu *Orthotrichum*.
- b) Polohové souřadnice stromu byly určeny pomocí GPS přístroje, stejně jako světová strana stromu, na kterou byl orientován výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*.
- c) Pomocí přístroje dataLOGGER LI-1400 byla změřena vzdušná vlhkost a celkové množství dopadajícího světla na kmen stromu. Měření probíhalo po dobu 5 min.
- d) Byl změřen obvod kmene stromu a v případě sklonu kmene, byl měřen také úhel sklonu kmene.
- e) Procentuálně byla odhadnuta pokryvnost kmene epifytickým mechorostem rodu *Orthotrichum* a určena přibližná výška výskytu mechorostu na kmenu stromu.
- f) Byly odebrány pomocí ostrého nože vzorky epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum*. Dále byl odebrán vzorek kůry. Vzorky mechorostu a vzorky kůry byly uskladněny v papírových sáčkách a převezeny do laboratoře k pozdější determinaci a chemické analýze.
- g) Po odběru vzorků kůry byl strom ošetřen stromovým balzámem.



Obrázek 4.3: Příklad odběru vzorků v terénu

4.4 Determinace nasbíraných vzorků mechorostů a zpracování kůry v laboratoři

V laboratoři byly vzorky mechorostů určovány pod binokulární lupou ZEISS Steim DV4 a s pomocí klíče pro určování mechorostů (Pilous, Duda, 1960).

Vzorky kůry byly zpracovány v chemické laboratoři na institutu geologického inženýrství VŠB-TU Ostrava.

4.5 Statistické vyhodnocení získaných dat

Všechna získaná data byla zpracována a statisticky vyhodnocena v programu Microsoft Office Excel 2003 a v programu SPSS Base 17.0. Protože bylo velké množství různorodých dat, mnohdy o nesterajně velkém počtu, nebylo možné provést metodu vícerozměrné statistické analýzy. Byla tedy provedena základní popisná statistika (směrodatné odchylky- standard deviation- dále jen „SD“, průměry, minima a maxima) sledovaných prvků u jednotlivých druhů stromů a vytvořeny srovnávací grafy jednotlivých prvků. Dále byly hledány závislosti mezi sledovanými jevy u jednotlivých druhů stromů-tj. počítány korelace. U vodní kapacity byly použity box and whisker plot, zpracované v programu vytvořeném jako doplněk (Add In) tabulkového procesoru Excel autora Doc.Dr.V. Homoly, Ph.D z Institutu geologického inženýrství VŠB – TU Ostrava.

5 Výsledky

5.1 Identifikace environmentálních faktorů a stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů laboratorními metodami

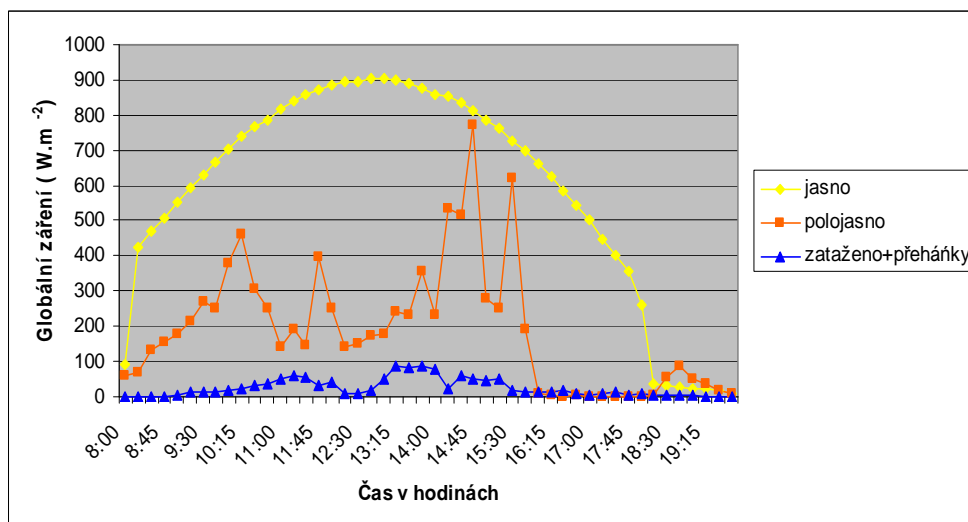
Jako možné environmentální faktory ovlivňující výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* byly vybrány podle Barkmanna (1958) fyzikální faktory prostředí (světlo, voda), chemické faktory prostředí (toxické látky v ovzduší, chemické složení kůry), další faktory (morfologie kůry, úhel sklonu kmene).

5.1.1 Fyzikální faktory prostředí

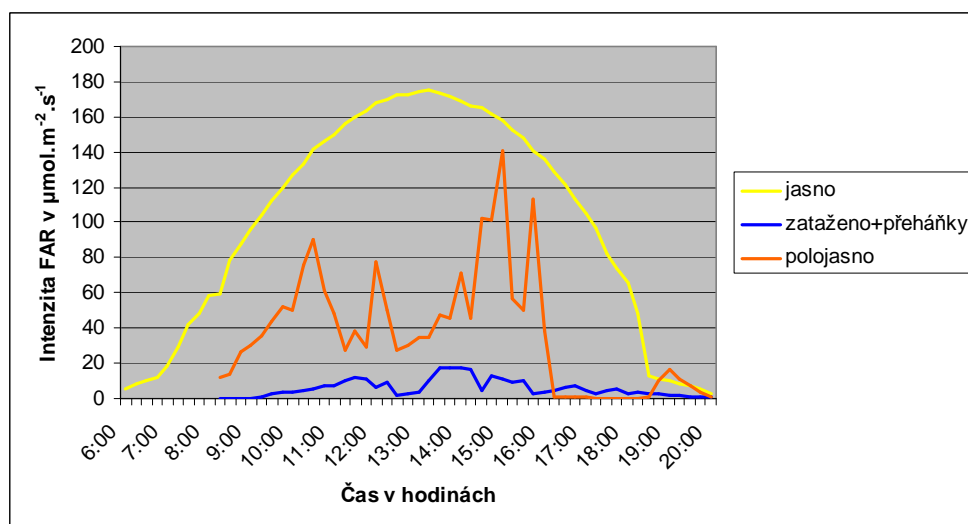
SVĚTLO

V měsíci srpnu 2008 proběhlo několikadenní měření slunečního záření pomocí přístroje dataLOGGER LI-1400. Toto měření mělo charakter zjištění modelových hodnot celkového množství dopadajícího slunečního záření a fotosynteticky aktivní záření ve dne bez oblačnosti, s občasnou oblačností a v den s převažující oblačností. Toto měření probíhalo v 15 minutových intervalech po dobu 60 s. Přístroj dataLOGGER LI-1400 automaticky průměroval a ukládal hodnoty zaznamenané po dobu 60 s. Ukázka výpisu z přístroje dataLOGGER LI-1400 je součástí přílohy číslo 2. K přístroji jsou připojeny sondy LI-200SA Pyranometer sensor a LI-190SA Quantum sensor (LI-COR Terrestrial Radiation Senzore, 2005). Kalibrační certifikáty přístroje dataLOGGER LI-1400 jsou součástí přílohy číslo 3. Globální záření bylo měřeno pomocí senzoru LI-200SA Pyranometr. Srovnání hodnot celkového množství dopadajícího záření (globální záření) v den bez oblačnosti (jasno), s občasnou oblačností (polojasno) a v den s převažující oblačností (zataženo+ přehánky) můžeme vidět na obrázku 5.1. Globální záření během jasného dne bez oblačnosti v čase 13:00 dosahovalo hodnot 905 W.m^{-2} . V den kdy bylo zataženo s přehánkami, byly hodnoty globálního záření během dne velmi nízké, nejvyšší hodnota globálního záření byla mezi 13:00 a 14:00 (84 W.m^{-2}). Fotosynteticky aktivní záření bylo měřeno pomocí senzoru LI-190SA Quantum. Obrázek 5.2 znázorňuje denní chod intenzity fotosynteticky aktivního záření (FAR) během tří různých dnů (jasno, polojasno, zataženo s přehánkami). Z grafu je patrné, že křivky znázorňující FAR mají skoro totožný průběh jako křivky globálního záření, ale v jiných hodnotách a jednotkách

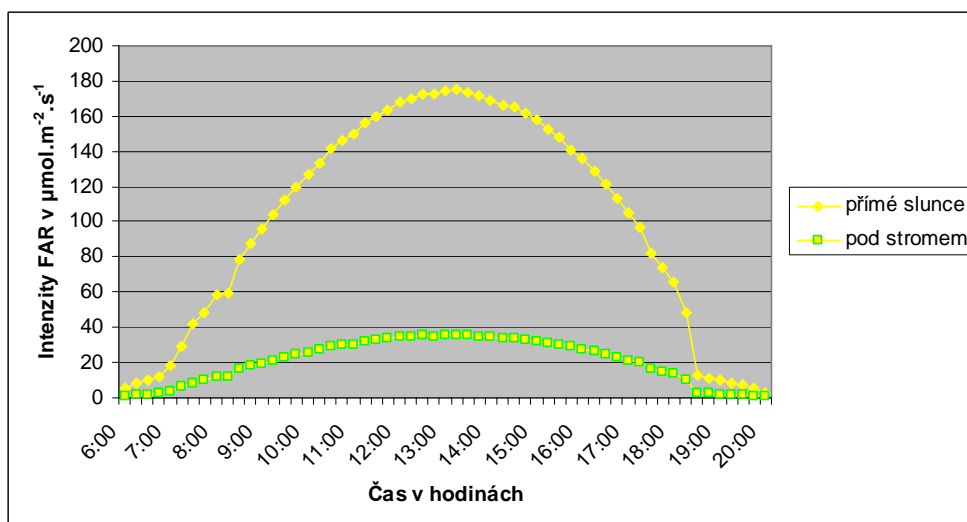
($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Nejvyšší hodnoty intenzity FAR dosahovaly opět kolem 13:00 hodiny ($174,5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Zajímavé bylo srovnání hodnot FAR na přímém slunci v průběhu jasného dne a za jasného dne ve stínu pod nízkým solitérním ovocným stromem s řídkou korunou (obrázek 5.3).



Obrázek 5.1: Graf srovnání denního chodu globálního záření během tří různých dnů v srpnu 2008

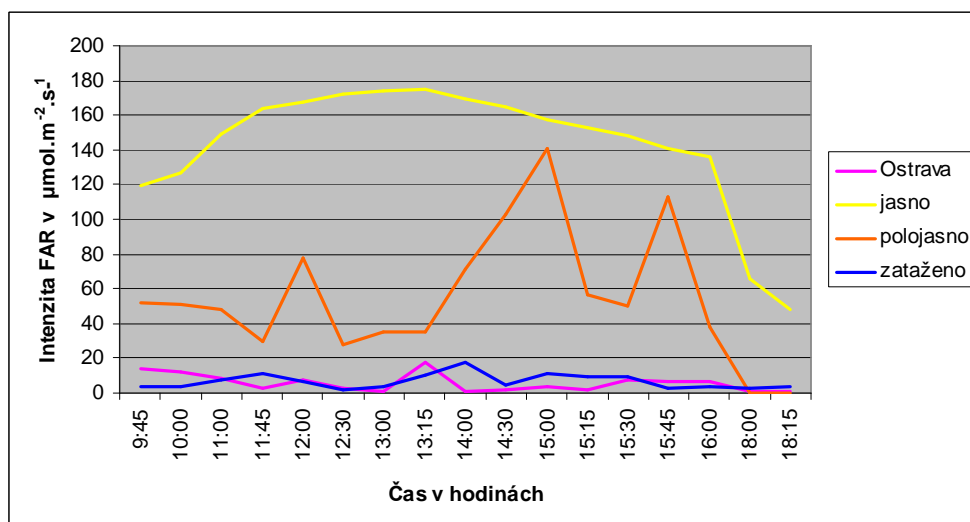


Obrázek 5.2: Graf srovnání denního chodu intenzity FAR během tří různých dnů v srpnu 2008

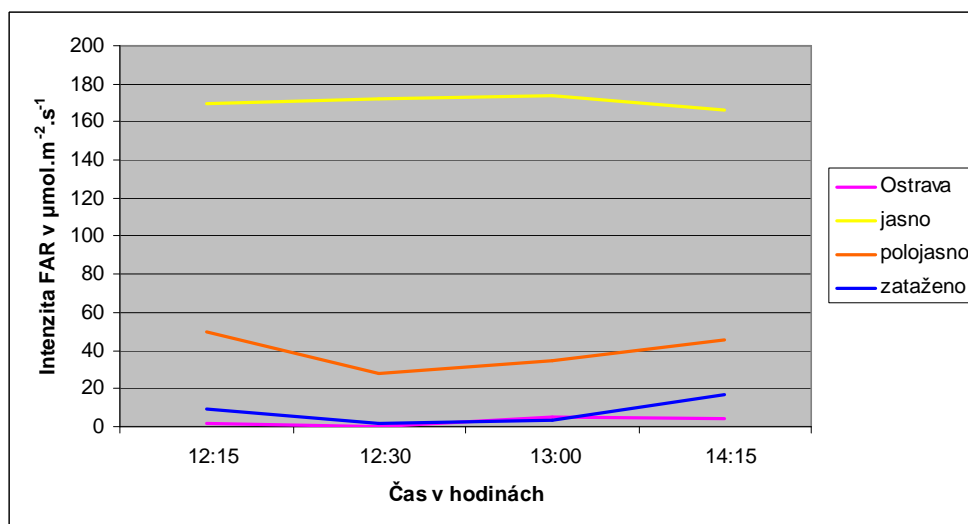


Obrázek 5.3: Graf srovnání denního chodu intenzity FAR na přímém slunci a pod stromem v srpnu 2008

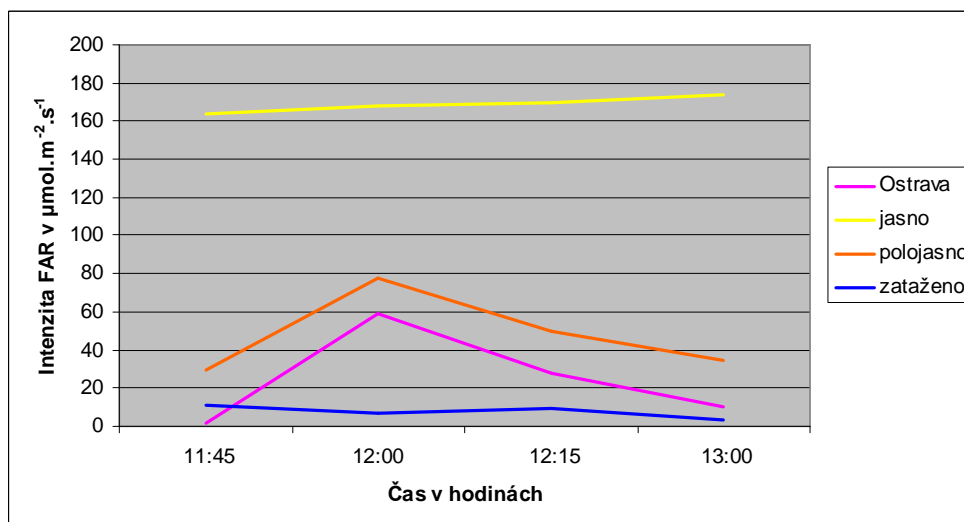
Hodnoty FAR naměřené ve stínu pod solitérním stromem jsou přibližně pětinasobně nižší ($4,85 \pm 0,15$ SD), což je přibližně 20 % FAR z množství dopadajícího na plochu. Ve dnech 5.9.-7.9. 2008 proběhl terénní výzkum výskytu epifytických mechorostů. Na daných odběrových lokalitách u konkrétního stromu s výskytem epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* bylo měřeno množství dopadajícího slunečního záření (globální záření a intenzita fotosynteticky aktivního záření). Tyto hodnoty byly porovnány s hodnotami získanými ze srpnových modelového měření. Z grafů na obrázcích 5.4 – 5.6 je patrné, že hodnoty FAR odpovídají hodnotám naměřených v den s převažující oblačností-zataženo, přestože ve dny 5.9.- 7.9. bylo převážně pěkné počasí (polojasno až jasno). Podíváme-li se na orientaci výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* na kmene stromu vzhledem ke světovým stranám, zjistíme, že z celkového množství nalezených stanovišť s výskytem epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* 62 % bylo orientováno na SZ, S, SV. U dalších 16 % byla orientace na Z a zbylých 22 % na JV, J, JZ. Z toho na čistý J 7 %. Navíc většinou jižně orientované kmeny stromu zároveň směřovaly buď k lesu (stromy na okraji lesa) a nebo byla tato jižní strana stromu zastíněna jinými stromy. Orientace na světové strany a zároveň častý zástín kmene samotnou korunou stromu vysvětluje nízké hodnoty FAR v místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*, které se blíží hodnotám FAR v den s převažující oblačností (zataženo).



Obrázek 5.4: Graf srovnání denního chodu intenzity FAR dne 5.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření 9:45 do 18:15 hodin



Obrázek 5.5: Graf srovnání chodu intenzity FAR dne 6.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 12:15 do 14:15 hodin



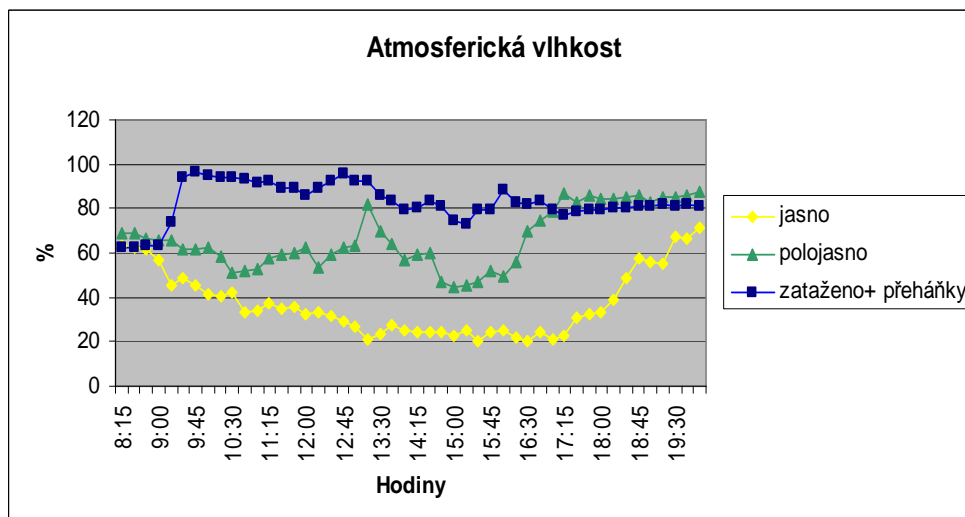
Obrázek 5.6: Graf srovnání denního chodu intenzity FAR dne 7.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 11:45 do 13:00 hodin

VODA

Atmosférická vlhkost

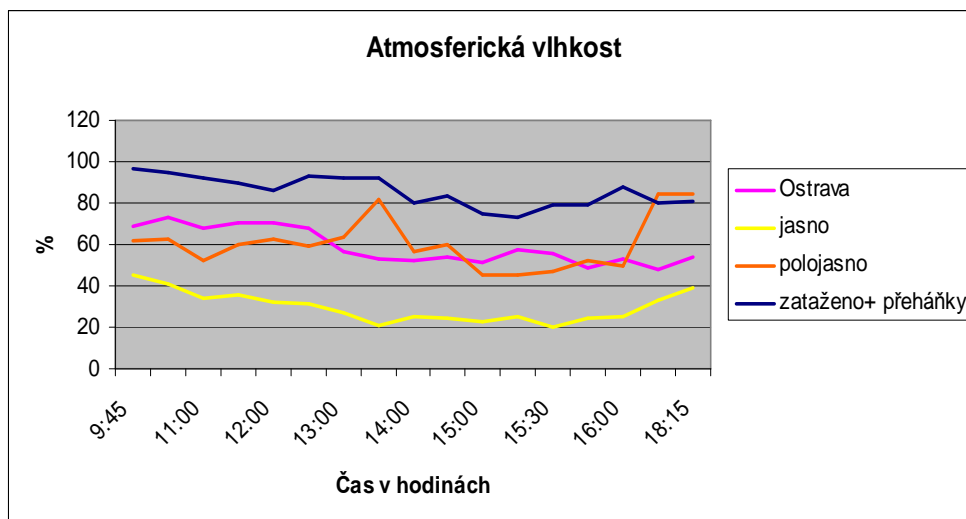
Atmosférická vlhkost byla měřena pomocí senzoru 1400-104, který byl připojen k přístroji dataLOGGER LI-1400. Atmosférická vlhkost byla měřena zároveň s celkovým množstvím dopadajícího světla a fotosynteticky aktivního světla ve všech třech modelových dnech (jasno, polojasno, zataženo s přeháňkami). Procentuální hodnoty atmosférické vlhkosti během dne znázorňuje graf na obrázku 5.7.

Ve dne bez oblačnosti (jasno) se atmosférická vlhkost v daném místě měření pohybovala průměrně kolem $36 \% \pm 14,35 \text{ SD}$. Nejvyšších hodnot dosahovala ráno a večer (v 8:00 – 63 %, 20:00 – 71 %), v odpoledních hodinách byla nejnižší (13:00 – 20 %). Ve dne s občasnou oblačností (polojasno) se atmosférická vlhkost v daném místě měření pohybovala průměrně kolem $66 \% \pm 13,3 \text{ SD}$. Ve dne s převažující oblačností (zataženo s přeháňkami) se atmosférická vlhkost v daném místě měření pohybovala průměrně kolem $83 \% \pm 8,2 \text{ SD}$.

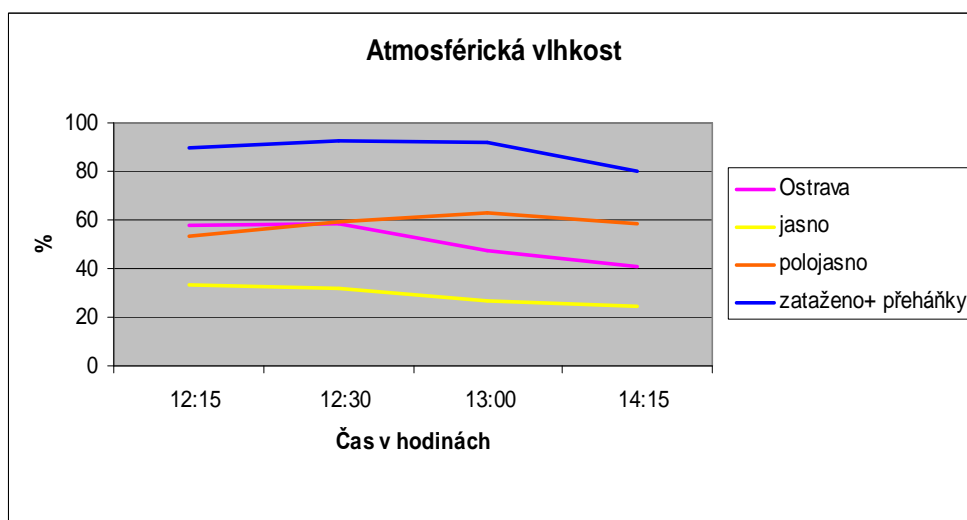


Obrázek 5.7: Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti během tří různých dnů v srpnu 2008

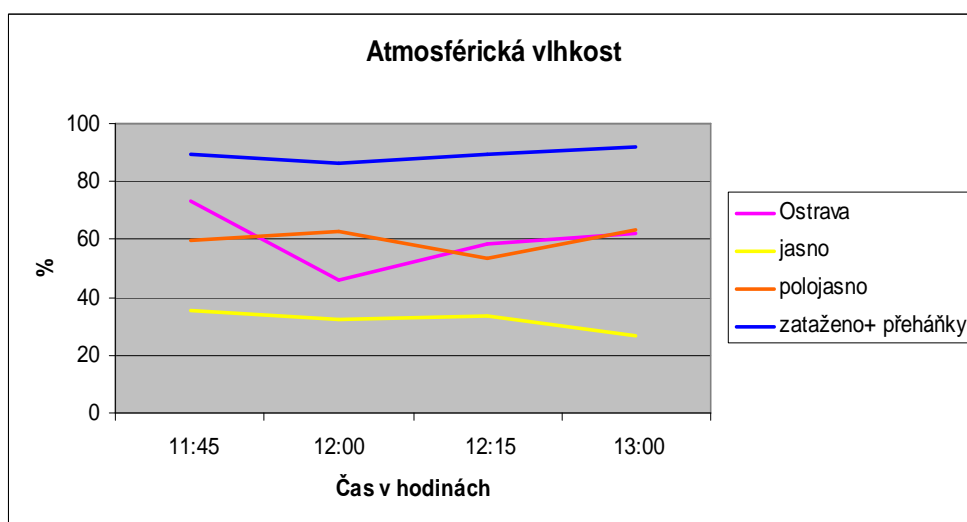
V následujících grafech (obrázky 5.8 - 5.10) je možno vidět srovnání atmosférické vlhkosti z jednotlivých dnů, kdy probíhal terénní výzkum na konkrétních lokalitách v Ostravě a dnů z modelových srpnových měření.



Obrázek 5.8: Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 5.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 9:45 do 18:15 hodin



Obrázek 5.9: Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 6.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 12:15 do 14:15 hodin



Obrázek 5.10: Graf srovnání relativní atmosférické vlhkosti dne 7.9.2008 v Ostravě a dnů z modelového srpnového měření od 11:45 do 13:00 hodin

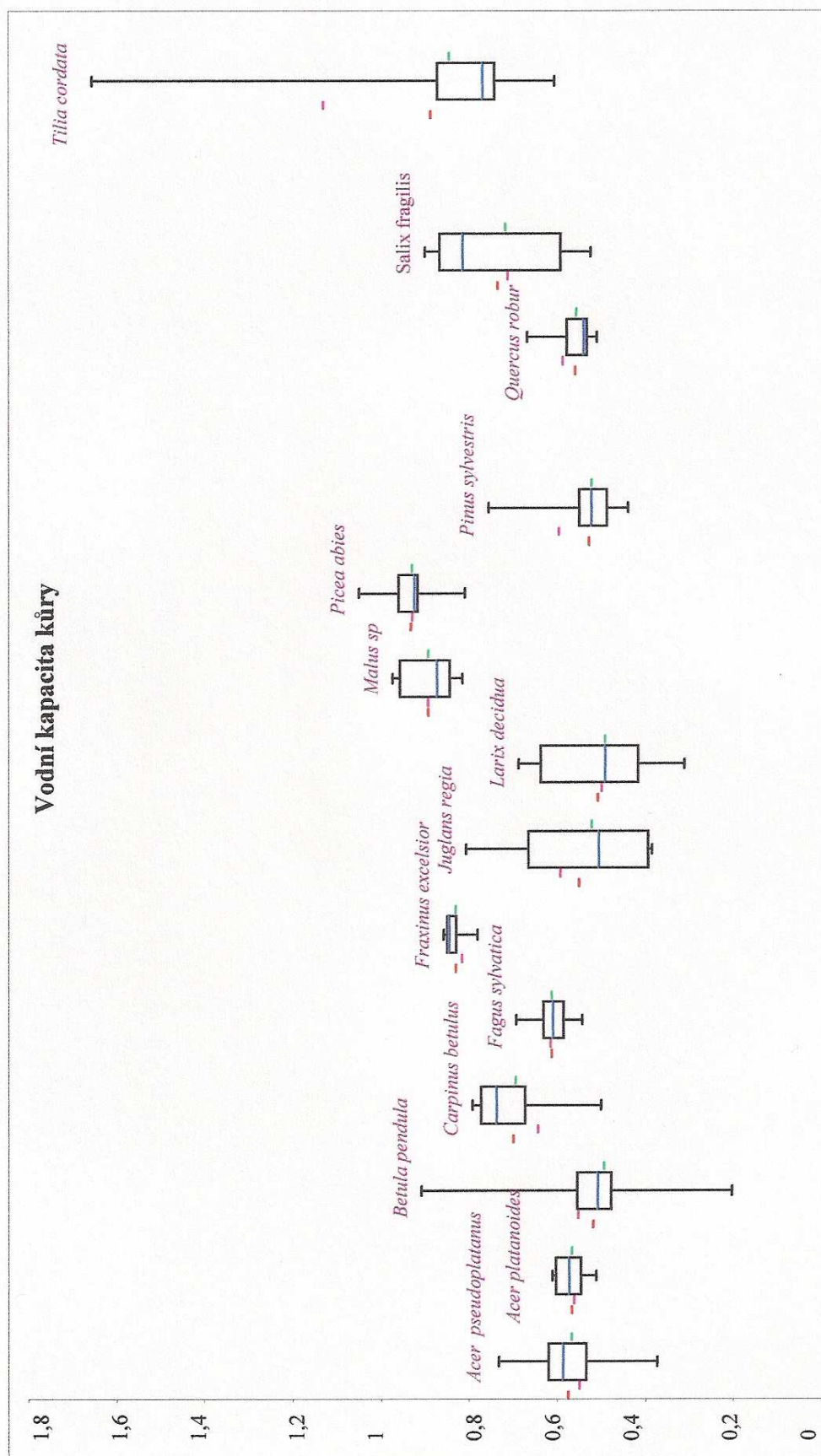
Průměrná vlhkost na konkrétních lokalitách v Ostravě se pohybovala kolem 60 % (57,9 % \pm 8,8 SD). Vzhledem k tomu, že v dny 5.9.-7.9.2008, kdy probíhal výzkum v Ostravě, bylo polojasno až skoro jasno, odpovídají naměřené hodnoty spíše hodnotám naměřeným v den s občasnou oblačností. Na rozdíl od modelových srpnových měření, která probíhala na volném prostranství, v konkrétních výzkumných lokalitách v Ostravě probíhalo měření vždy na straně kmene stromu, kde se daný druh epifytického mechorostu vyskytoval.

Vodní kapacita kůry

Vodní kapacita kůry byla měřena mezi vybranými druhy stromů. Stromy byly vybrány tak, aby zastupovaly skupinu listnatých stromů a skupinu stromů jehličnatých. Dále byly vybrány tak, aby mezi nimi byly zastoupeny stromy, které jsou uváděny jako hostitelské dřeviny pro epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* (Vondráček, 1993) a stromy na kterých, na kterých se mechy rodu *Orthotrichum* se nevyskytují.

Byly vybrány tyto druhy stromů: *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Malus sp.*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Juglans regia*, *Quercus robur*, *Salix fragilis*, *Tilia cordata* jako zástupci listnatých stromů a *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* jako zástupci jehličnanů. Kůra byla odebírána ze stejných stromů, které byly použity pro získání chemické analýzy kůry stromů z pozadových oblastí Osoblažsko, Odersko, Vsetínsko (viz kapitola 4.2.2). Metoda odběru vzorků a měření vodní kapacity byla provedena dle Levia a Herwitze (2005). Po stanovení vodní kapacity byla v laboratoři zjištěna procentuální ztráta vody a to v průběhu 1., 2., 3. hodiny a po 24 hodinách. Stanovení ztráty vody se provedlo z porovnání hmotnosti namočeného vzorku a hmotnosti vzorku po 1., 2., 3. hod. a 24 hodinách (Valová, Bielešzová, 2008).

Laboratorní měření ukázala, že z uvedených stromů měly nejvyšší průměrné hodnoty vodní kapacity *Picea abies* a *Malus sp.* (obrázek 5.11).



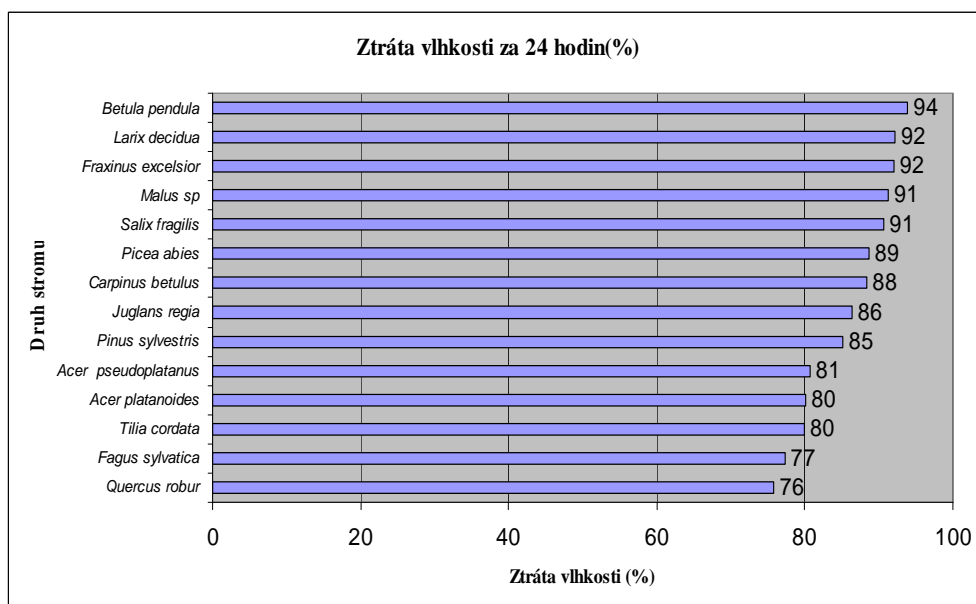
Obrázek 5.11: Graf srovnání relativní vodní kapacity g/cm³ (osa y) mezi jednotlivými druhy stromů (osa x) (**střední hodnota, normální aritmetický průměr, geometrický průměr, medián**).

Průměrná hodnota vodní kapacity ze všech tří lokalit činila pro *Picea abies* 0,934 g/cm³ a pro *Malus sp.* byla naměřena vodní kapacita 0,914 g/cm³. *Picea abies* obvodu kmene 0,61- 1,5 m má tedy schopnost zadržet v přepočtu (dle Whittaker and Woodwell, 1967 in Levia and Herwitz, 2005) 9,58- 44,13 l vody. *Malus sp.* obvodu kmene 0,7-1,53 m má schopnost zadržet v přepočtu 10,99- 43,06 l vody. Naproti tomu stromy druhů *Pinus sylvestris* 0,489 g/cm³ a *Betula pendula* 0,521 g/cm³ měly nejmenší průměrné hodnoty vodní kapacity. Tabulka 5.1 přehledně udává průměrné hodnoty vodní kapacity přepočtené na litry pro vybrané druhy dřevin.

Tabulka 5.1: Průměrné hodnoty vodní kapacity pro vybrané druhy dřevin přepočtené na litry

Druh stromu	Prům. vodní kapacita (g/cm ³)	Obvod kmene stromu (m)	Přepočteno na litry
<i>Pinus sylvestris</i>	0,489	0,88 – 1,45	8,48 – 19,23
<i>Betula pendula</i>	0,521	0,15 - 1,32	1,02 - 18,25
<i>Juglans regia</i>	0,551	1,2 - 2,6	18,9 - 41,21
<i>Larix decidua</i>	0,560	0,7 – 1,95	7,14 – 27,73
<i>Quercus robur</i>	0,561	0,9 - 2,35	11,46 - 46,71
<i>Acer platanoides</i>	0,570	0,3 -1,14	1,95 - 14,46
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,578	0,8 – 2,3	9,73 -38,41
<i>Fagus sylvatica</i>	0,615	0,55 - 2,18	4,8 - 38,78
<i>Carpinus betulus</i>	0,702	0,4 – 0,9	3,96 - 12,17
<i>Salix fragilis</i>	0,715	1,15 - 2,2	24,59 - 65,29
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,832	1,1- 1,7	20,79 - 44,98
<i>Tilia cordata</i>	0,888	0,45– 1,45	4,88 - 33,85
<i>Malus sp</i>	0,914	0,7 – 1,53	10,99 – 43,06
<i>Picea abies</i>	0,934	0,61 – 1,5	9,58 – 44,13

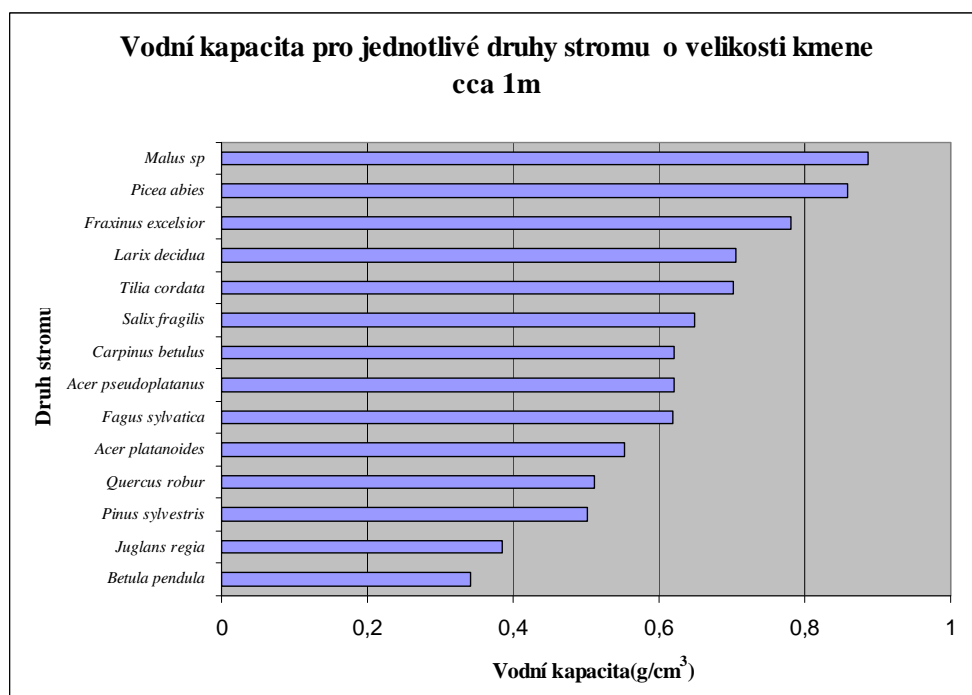
Po stanovení vodní kapacity byla měřena ztráta vlhkosti za 24 hodin (obrázek 5.12). Průměrná nejvyšší ztráta vlhkosti (> 90 %) za 24 hod. byla dosažena u druhu *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Fraxinus excelsior*, *Malus sp.*, *Carpinus betulus* a *Salix Fragilis*. Nejmenší procento ztráty vlhkosti (< 80 %) bylo naměřeno u druhů *Quercus robur*, *Acer pseudoplatanus* a *Tilia cordata*.



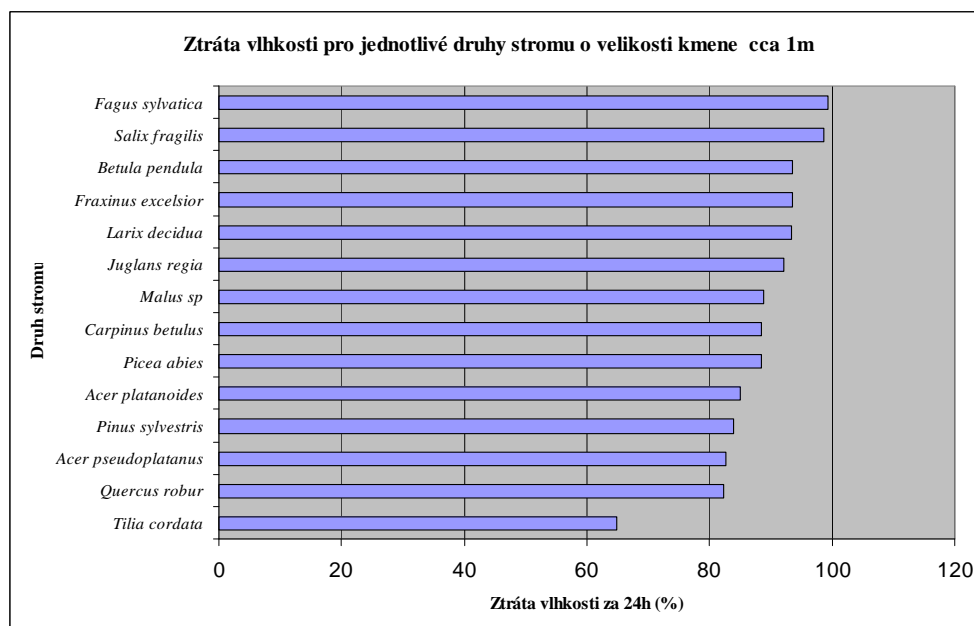
Obrázek 5.12: Graf srovnání procentuální ztráty vody za 24 hodin, mezi jednotlivými druhy stromů

Pro zjištění mezidruhové vodní kapacity a následné ztráty vlhkosti bylo důležité porovnat mezi sebou jednotlivé druhy stromů se stejným obvodem kmene. Pro toto porovnání byly vybrány stromy s obvodem kmene cca 1 m.

Při srovnání stromů stejného obvodu cca 1 m, byla naměřena nejvyšší hodnota vodní kapacity pro druh *Malus sp.* $0,886 \text{ g/cm}^3$ a pro *Picea abies* $0,858 \text{ g/cm}^3$. Naproti tomu nejmenší hodnoty vodní kapacity pro stromy s obvodem kmene cca 1 m měly druhy *Pinus sylvestris* $0,502 \text{ g/cm}^3$, *Juglans regia* $0,384 \text{ g/cm}^3$ a *Betula pendula* $0,342 \text{ g/cm}^3$. Hodnoty vodní kapacity pro ostatní druhy stromů při stejném obvodu kmene cca 1 m: *Quercus robur* $0,511 \text{ g/cm}^3$, *Acer platanoides* $0,554 \text{ g/cm}^3$, *Fagus sylvatica* $0,619 \text{ g/cm}^3$, *Acer pseudoplatanus* $0,619 \text{ g/cm}^3$, *Carpinus betulus* $0,621 \text{ g/cm}^3$, *Salix fragilis* $0,649 \text{ g/cm}^3$, *Tilia cordata* $0,701 \text{ g/cm}^3$, *Larix decidua* $0,705 \text{ g/cm}^3$, *Fraxinus excelsior* $0,781 \text{ g/cm}^3$ (obrázek 5.13).



Obrázek 5.13: Graf srovnání vodní kapacity pro jednotlivé druhy stromů o velikosti kmene cca 1m



Obrázek 5.14: Graf srovnání procentuální ztráty vlhkosti za 24 hodin, mezi jednotlivými druhy stromů

Zajímavé je srovnání hodnot mezi vodní kapacitou (obrázek 5.13) a ztrátou vlhkosti (obrázek 5.14). U druhu *Malus sp.* při obvodu kmene cca 1 m byla stanovena nejvyšší hodnota vodní kapacity ze všech druhů (0,886 g/cm³), ztráta vlhkosti se pohybovala zhruba uprostřed mezi ostatními druhy stromů, a to 88 %. Podobně to vypadalo u druhu *Picea*

abies, jako zástupce jehličnanů. Při obvodu kmene cca 1 m dosahovala hodnota vodní kapacity $0,858 \text{ g/cm}^3$, ale ztráta vody v průběhu 24 hodin byla ve srovnání s ostatními druhy malá (88 %). V obou případech to vypovídá o schopnosti kůry zadržet velké množství vody a uschovat si ji na delší dobu. Naproti tomu u druhu *Fraxinus excelsior* byla stanovena poměrně vysoká hodnota vodní kapacity ($0,781 \text{ g/cm}^3$), ztráta vlhkosti za 24 hodiny však činila 93 %. Stejně tomu bylo u druhu *Larix decidua*, zástupce jehličnanů, byla stanovena hodnota vodní kapacity $0,705 \text{ g/cm}^3$, ztráta vlhkosti za 24 hodin dosáhla 94 %. *Fraxinus excelsior* a *Larix decidua* sice zadrží v kůře poměrně větší množství vody, ale ztráta vlhkosti za 24 hodin je značná. U skupiny stromů *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Acer platanoides* a *Acer pseudoplatanus* byly hodnoty vodní kapacity průměrné (v pořadí uvedených stromů: $0,502 \text{ g/cm}^3$, $0,511 \text{ g/cm}^3$, $0,554 \text{ g/cm}^3$, $0,621 \text{ g/cm}^3$) a procentuální ztráta vlhkosti byla však u všech stromů malá (v pořadí uvedených stromů: 84 %, 82 %, 84 %, 84 %). Uvedené stromy tudíž zachytí kůrou průměrné množství vody, narozdíl od ostatních druhů, ale za 24 hodin ztratí pouze kolem 80 % vlhkosti. *Betula pendula* při obvodu kmene cca 1m měla hodnotu vodní kapacity velmi malou $0,342 \text{ g/cm}^3$ a zároveň ztráta vlhkosti byla velká 94 %. Z toho vyplývá, že *Betula pendula* nezadrží v kůře velké množství vody a také ji velmi rychle ztratí. Nejvyšší procentuální ztráty vlhkosti za 24 hodin dosáhly stromy *Fagus sylvatica* (99 %) a *Salix fragilis* (98 %). Přitom u těchto druhů stromů hodnoty vodní kapacity patřily, ve srovnání s ostatními druhy, mezi průměrné (*Fagus sylvatica* $0,619 \text{ g/cm}^3$ a *Salix fragilis* $0,649 \text{ g/cm}^3$). Z toho můžeme usuzovat, že oba druhy velmi rychle z kůry ztrácí vlhkost. Nejmenší ztráta vlhkosti za 24 hodin byla stanovena u stromu *Tilia cordata* (65 %), přitom hodnota vodní kapacity je vcelku vysoká ($0,701 \text{ g/cm}^3$), což vypovídá o vysoké schopnosti zadržet velké množství vody a uschovat si ji na dlouhou dobu. Otázkou je, proč některé druhy stromů mají schopnost zadržet větší množství vody v kůře, ale také ji rychleji ztrácejí např. *Larix decidua*, *Fraxinus excelsior*. Některé druhy stromů zadrží v kůře průměrné množství vody ve srovnání s ostatními druhy, ale jsou schopny ji uchovat po delší dobu např. *Acer pseudoplatanus*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*. A naopak některé druhy stromů zadrží v kůře průměrné množství vody, ale během 24 hodin mají největší ztrátu, např. *Fagus sylvatica* a *Salix fragilis*. Naproti tomu jiné druhy stromů zadrží v kůře velké množství vody, ale zároveň jsou schopny ji udržet po dlouhou dobu např. *Malus sp.*, *Picea abies* a *Tilia cordata*.

5.1.2 Chemické faktory prostředí

HODNOCENÍ IMISNÍ ZÁTĚŽE V ZÁJMOVÉ OBLASTI

Látky znečišťující ovzduší jsou ukládány na zemský povrch formou suché depozice, nebo za účasti dešťových srážek formou mokré depozice. Na vhodných místech, kde často dochází k výraznému horizontálnímu proudění vzduchu, např. na horských svazích, jsou látky znečišťující ovzduší zachycovány na svislém povrchu objektů, např. vegetaci (horizontální depozice). Suchá a horizontální depozice zvyšují obsah znečišťujících látek v podkorunových srážkách a ve srážkové vodě stékají po kmenech stromů (Sucharová, Suchara, 2004).

Při stanovení imisní zátěže v průmyslové oblasti Ostravska jsem vycházela hlavně z dat získaných z ČHMÚ a EMEP (program environmentálního monitorování a hodnocení dálkového šíření látek znečišťující ovzduší v Evropě).

Gauss et al. (2008) z Norského meteorologického institutu, vyhodnocující EMEP, uvádí vývoj celkové depozice S a N v České republice (tabulka 5.2).

Tabulka 5.2: Vývoj odhadované depozice S a N v České republice (Gauss et al., 2008)

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
S dep.	338	191	181	139	108	99	84	91	82	69	72	71	67
oxN dep.	78	61	61	56	56	55	54	54	47	43	46	43	46
redN dep.	81	60	60	54	59	56	58	64	57	51	53	54	53

Estimated deposition of Sulphur (S) and Nitrogen (N) in the Czech republic. Units Gg (S) or Gg (N)

Tato celková klesající tendence se také projevila v Moravskoslezském kraji v oblasti Ostravska, kdy byl zaznamenán výrazný pokles SO_2 a NO_x (viz kapitola 2.3.4, tabulky 2.5-2.7, str. 28-29).

Na obrázku 5.15 je vidět rozložení čtverců EMEP na území České republiky znázorňující depozici SO_2 za rok 2006. Přestože byl zaznamenán pokles v celé republice, oblast Moravskoslezského kraje a hlavně Ostravsko, patří stále k oblastem s velkou depoziční zátěží. Depozici NO_x za rok 2006 v České republice znázorňuje opět rozložení čtverců EMEP na obrázku 5.16.

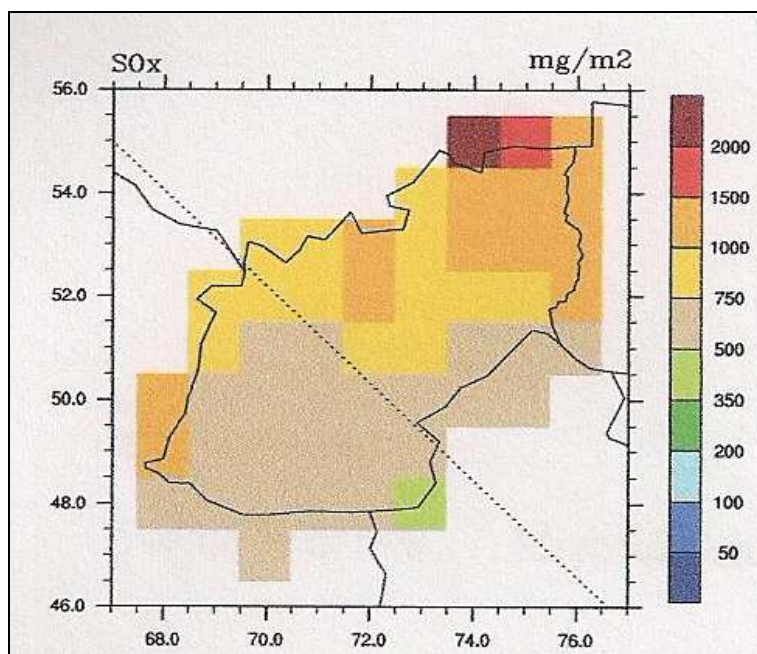


Figure: Oxidised sulphur deposition in the Czech Republic.
Units: $\text{mg}(\text{S})/\text{m}^2$.

Obrázek 5.15: Obrázek celkové depozice SO_2 v ČR v roce 2006 (Gauss et al., 2008)

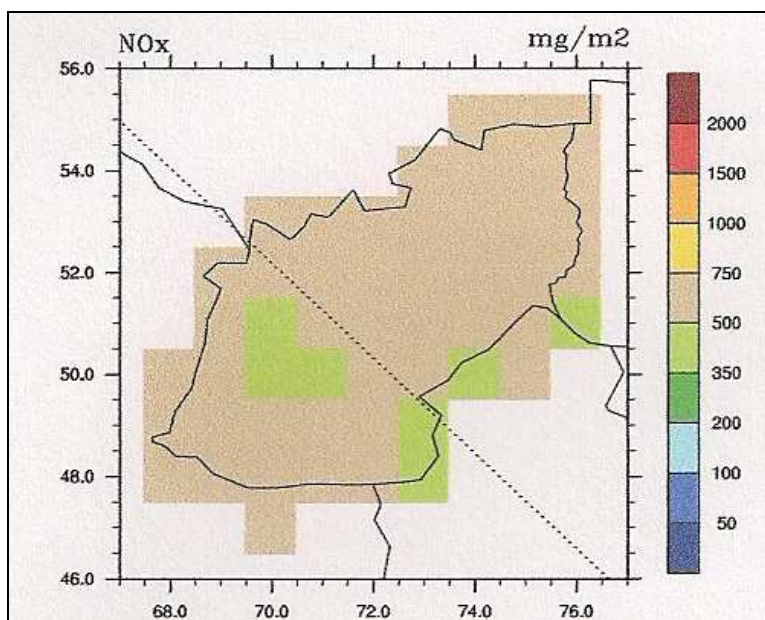
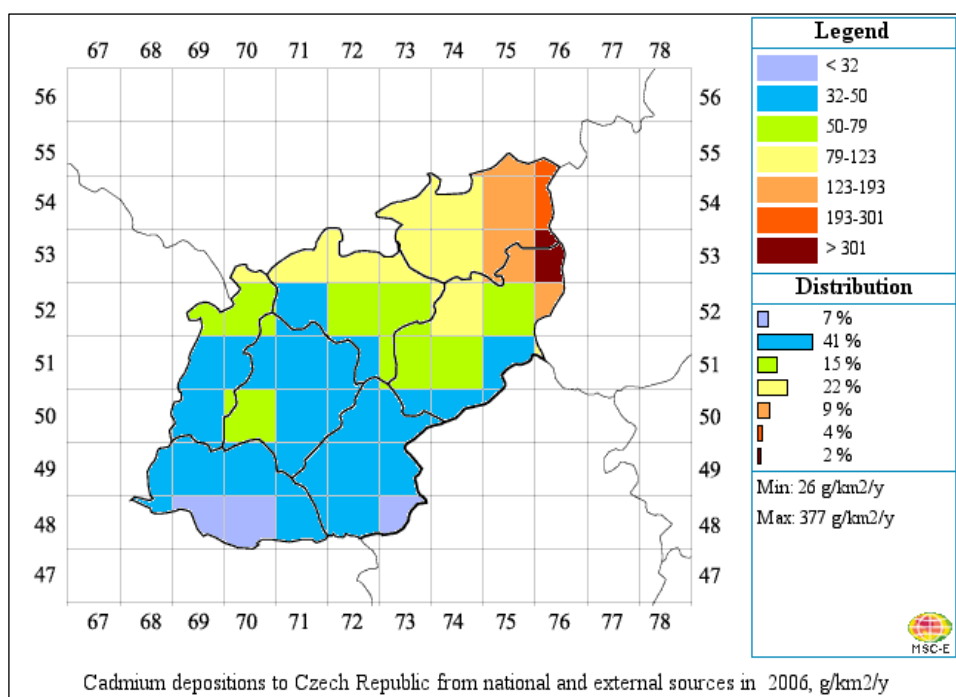


Figure: Oxidised nitrogen deposition in the Czech Republic.
Units: $\text{mg}(\text{N})/\text{m}^2$.

Obrázek 5.16: Obrázek celkové depozice NO_x v ČR v roce 2006 (Gauss et al., 2008)

Původní snaha získání konkrétních údajů z EMEP pro jednotlivé výzkumné oblasti (transekty) na Ostravsku bohužel nebyla možná., protože celá oblast Ostravska spadá do jednoho monitorovacího čtverce EMEP (75,54), což jde vidět na příkladu znázorňujícím celkovou depozici Cd na území České republiky v roce 2006 (obrázek 5.17).



Obrázek 5.17: Obrázek celkové depozice Cd v ČR v roce 2006

(http://www.msceast.org/countries/show_map.php4?country=Czech_Republic&pollutant=Cadmium&type=dep_to)

Data získaná z ČHMÚ se vztahují k mokré depozici na konkrétní výzkumné oblasti Ostravska. Mokrú depozici se na zájmovém území sleduje ve třech oblastech, a to Ostrava-Poruba, Bílý Kříž a Červík (Beskydy). Tabulka 5.3 zobrazuje hodnoty vybraných látek znečišťujících ovzduší monitorované mokrou depozicí v meteorologických stanicích Ostrava- Poruba, Bílý Kříž a Červík v roce 2007. Data mokré depozice jsou dále rozdělena podle způsobu odběru na Bulk (srážky s prašným spádem) a Troughfall (podkorunové srážky- smrk).

Tabulka 5.3: Vybrané látky znečišťující ovzduší monitorované mokrou depozicí na Ostravsku za rok 2007

		Ostrava - Poruba		Bílý Kříž		Červík			
		Mokrá depozice		Mokrá depozice		Celková depozice		Podkorunová depozice	
		2007	medián	2007	medián	2007	medián	2007	medián
Déšť	mm	721,5	742	1413,7	1392	1180,4	1180,4	853,1	917,5
Mn	mg/m ²	11,49	18,3	3,96	5,56	7,32	15,73	69,91	115,625
Zn	mg/m ²	18,98	21,64	18,61	25,61	18,67	26,565	16,21	22,26
Pb	mg/m ²	2,77	4,15	2,72	5,95		1,98	1,13	1,885
Cd	mg/m ²	0,12	0,17	0,12	0,38		0,15	0,06	0,175
Ni	mg/m ²	0,37	1,1	0,66	2,62		1,075	0,85	0,815
Fe	mg/m ²	96	100	37	40	6	20	59	34,635
Al	mg/m ²	-					20	17	59,8024
As	mg/m ²	-					0,73		
(NO ₃) ⁻	mg/m ²	1365	1620	2316	2429,75	2194	2194	962	2340
(SO ₄) ²⁻	mg/m ²	1370	1720	2433	2688,54	2177	2421,67	3444	6006,433

Zajímavé jsou hodnoty získané z monitorovací stanice Bílý Kříž (Beskydy), kdy hodnoty sledovaných látek jsou mnohdy stejné, u některých dokonce vyšší než v Ostravě-Porubě. Což můžeme vysvětlit tím, že prvky a jejich sloučeniny, které tvoří velké částice nebo jež jsou na velké částice vázané (př. Al, Cr, Fe, částečně S), rychleji sedimentují relativně blízko emisních zdrojů. Prvky zastoupené převážně v plynné formě nebo jsou vázané na malé pevné aerosoly mohou být deponovány značně daleko od emisních zdrojů (př. Cd, Pb, část S) (Sucharová, Suchara, 2004). Úroveň znečištění také závisí na meteorologických podmínkách rozptylu. Například v městě Ostrava byla zjištěna významná statistická závislost pro všechny sledované škodliviny v chladné polovině roku na průměrné měsíční teplotě vzduchu, na průměrném vertikálním teplotním pseudogradientu, na počtu dní s prouděním ze severovýchodního kvadrantu a na počtu dní s bezvětřím. Pro PM₁₀ a NO₂ potom i na průměrné rychlosti větru a na počtu dní s prouděním z jihozápadního kvadrantu. S rostoucí teplotou vzduchu, rostoucí hodnotou teplotního gradientu, rostoucí rychlostí větru a s rostoucím počtem dnů s prouděním z jihozápadního kvadrantu průměrné měsíční koncentrace uvedených škodlivin klesají. V teplé polovině roku není závislost úrovně znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách rozptylu tak zřejmá a jednoznačná. Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ a NO₂ statisticky významně klesají s rostoucí teplotou vzduchu a s rostoucími úhrny srážek, průměrné koncentrace NO₂ navíc klesají s rostoucí hodnotou teplotního gradientu a

s počtem dnů, ve kterých nelze určit směr proudění, a naopak stoupají s rostoucím počtem dnů s bezvětřím. Za rozhodující meteorologické podmínky rozptylu jsou tedy považovány především podmínky, které ovlivňují horizontální a vertikální šíření a rozptyl znečišťujících látek od zdrojů, a dále teplota vzduchu, která může především v topném období výrazně ovlivnit velikost emisí a atmosférické srážky, které mohou snižovat imisní úroveň v důsledku vymývání imisí z ovzduší (Hapala, 2009).

Hodnoty podkorunových srážek v monitorovací oblasti Červík ukazují velkou depozici síranů. Bohužel monitoring na Bílém Kříži a na Červíku provádí dvě rozdílné organizace. Monitorovací stanice Červík je provozována Českým geologickým ústavem, který používá jiné metody vzorkování, a nemůžeme tedy přesně říci, jestli se u síranů jedná o trend, anebo o nahodilý jev.

BIOGEOCHEMIE KŮRY

Ke stanovení chemického složení kůry byla použita kůra ze stejných stromů, které byly použity pro stanovení vodní kapacity kůry stromů. Jednalo se o tyto druhy stromů: *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Malus sp.*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Juglans regia*, *Quercus robur*, *Salix fragilis*, *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum* jako zástupci listnatých stromů a *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* jako zástupci jehličnanů. Přirozené obsahy prvků v kůře se mění nejen mezidruhově, ale také se mohou měnit v průběhu samotného života stromu. Dále může být obsah rizikových prvků v kůře ovlivněn působením znečišťujících látek v ovzduší.

Schopnost zachytit a akumulovat polutanty z ovzduší je u borky kmene stromu dobře známá a využívá se k monitorování znečištění ovzduší (Chi- Leung So, Eberghardt, 2006, Poikolainen, 2004, Santitoro et al., 2004, Harju et al., 2002, Santamaría, Martin, 1997). Kůru stromu můžeme rozdělit na vnitřní živou část kůry (*Phloem*) a vnější neživou část kůry (*Rhytidome*). Vnitřní vrstva kůry odráží chemické složení uvnitř stromu, zatímco polutanty v ovzduší jsou akumulovány ve vnější vrstvě kůry (Chi- Leung So, Eberghardt, 2006, Harju et al., 2002).

Biogeochemie kůry v pozad'ových oblastech

V měsících květen až srpen 2008 proběhl sběr kůry z vybraných druhů dřevin v pozad'ových oblastech. Jednalo se o oblasti Osoblažsko, Odersko a Vsetínsko. Tyto oblasti byly vybrány z důvodu zjištění co možná nejpřirozenějšího chemického složení kůry jednotlivých druhů stromu (viz. kapitola 4. Metodika práce).

V každé pozad'ové oblasti byly náhodně vybrány čtyři stromy různé velikosti, a tedy různého stáří. Celkový počet vzorků z daného druhu stromu byl $n = 12$. Pouze u druhu stromu *Juglans regia* bylo obtížné nalézt v každé oblasti 4 stromy, protože ve většině případů rostou na soukromém pozemku v těsné blízkosti obydlí a přístup k tomuto stromu a následný odběr vzorku byl ve většině případu komplikovaný. Jediná možnost odběru, hlavně díky vstřícnosti majitelů, bylo v oblasti Osoblažsko a *Fagus sylvatica* pouze v oblasti Odersko a Vsetínsko, protože v oblasti Osoblažsko nebyl nalezen. Dále omezený počet stromů byl v případě druhu *Aesculus hippocastanum*, který se také nevyskytoval v počtu 4 stromů v každé oblasti.

Ve vodném výluhu kůry byly analyzovány základní biogenní prvky (P, N_{celk} , Ca, Mg, K) a rozpuštěný uhlík (DOC). Ve vodném výluhu byly ještě stanoveny chloridy a sodík, konduktivita a pH. Analýzou sušiny byly stanoveny těžké kovy (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Cr, As). Výsledky chemické analýzy pro konkrétní druhy stromů jsou uvedeny v tabulkách- příloha číslo 4 a grafech, které jsou součástí přílohy číslo 5. Příklad zpracovaných výsledků pro jednotlivé druhy stromů znázorňuje tabulka 5.4.

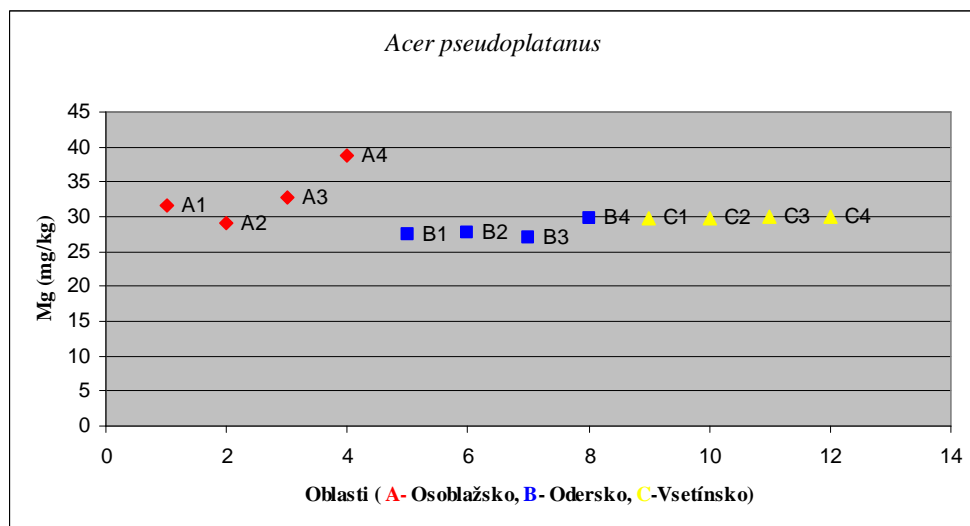
Tabulka 5.4: Základní popisná statistika- *Acer platanoides*

<i>Acer platanoides</i>					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,30	1,14	,7750	,27
pH	12	5,28	5,87	5,5037	,22
DOC (mg/kg)	12	1038	1494	1264,63	125,06
Celkový fosfor (mg/kg)	12	134,28	314,60	198,0850	63,33
Celkový dusík (mg/kg)	12	101,00	150,20	120,6250	19,27
K (mg/kg)	12	1024,47	1568,53	1209,8262	163,93
Ca (mg/kg)	12	319,04	366,89	343,9775	15,25
Mg (mg/kg)	12	29,04	38,72	35,3350	3,86
Cl (mg/kg)	12	432,20	504,78	467,5900	26,76
Na (mg/kg)	12	60,99	77,77	70,6250	5,22
Sírany (mg/kg)	12	295,56	369,45	332,5025	24,86
Vodivost (uS/m)	12	575	620	595,75	14,34
Pb (mg/kg)	8	,94	2,72	1,8864	,63
Cd (mg/kg)	8	,10	3,80	1,4965	1,44
Cu (mg/kg)	8	5,01	14,30	9,3598	4,20
Zn (mg/kg)	8	34,83	44,38	36,6815	3,18
Ni (mg/kg)	8	2,32	6,30	3,4508	1,27
Fe (mg/kg)	8	33,39	80,54	47,8084	16,98
Mn (mg/kg)	8	113,02	965,85	486,2796	368,99
Cr (mg/kg)	8	1,732	16,359	6,07065	5,29
As (mg/kg)	8	,08	1,02	,4739	,32

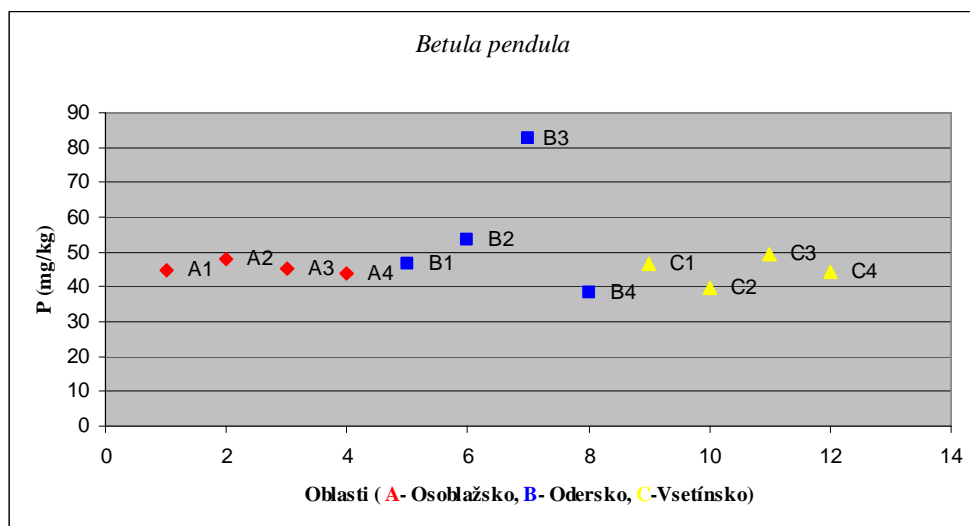
Pro poruchu AAS používanou ke stanovení obsahu rizikových prvků po mineralizaci vzorku, byly analyzovány pouze vzorky ze dvou pozadových oblasti (Osoblažsko a Odersko). Z tohoto důvodu je u těžkých kovů v tabulce 5.4 a v tabulkách, které jsou součástí přílohy číslo 4, místo $n = 12$ počet $n = 8$. *Juglans regia* byl sbírán pouze v oblasti Osoblažsko a *Fagus sylvatica* pouze v oblasti Odersko a Vsetínsko.

Při srovnání základních živin v kůře pro jednotlivé druhy dřevin nebyly i při malém množství srovnávacích vzorků zřetelné rozdíly pro vzorky odebírané z jednotlivých oblastí. Pokud se vyskytl rozdíl v hodnotách, jednalo se pouze o jeden, maximálně dva stromy z daného druhu. Ostatní stromy měly téměř shodné hodnoty, což dokumentuje, že

některé parametry jsou charakteristické pro určitý druh a nejsou ovlivněny místem odběru. Na obrázcích 5.18 a 5.19 můžeme vidět srovnání množství hořčíku u druhu *Acer pseudoplatanus* v pozadových oblastech a srovnání množství celkového fosforu u druhu *Betula pendula*.



Obrázek 5.18: Graf srovnání hodnoty Mg v různých oblastech pro druh *Acer pseudoplatanus*



Obrázek 5.19: Graf srovnání hodnoty P v různých oblastech pro druh *Betula pendula*

Při srovnání hodnot jednotlivých prvků nebyla prokazatelná závislost mezi obvodem kmene stromu (přibližným stářím stromu) a obsahem daného prvku v kůře.

Při srovnání analýzy těžkých kovů byly průměrné hodnoty jednotlivých těžkých kovů rozdílné nejen mezidruhově, ale u většiny těžkých kovů pro jednotlivé stromy stejného druhu odlišné v závislosti na pozadových oblastech. Jelikož není analyzována třetí nezávislá oblast (Vsetínsko), nemůžeme s určitostí říci, které hodnoty se blíží přirozeným hodnotám pro kůru konkrétního druhu stromu a obsah těžkých kovů může být v tomto případě ovlivněn lokálně. V příloze číslo 5 můžeme vidět grafy znázorňující průměrné hodnoty všech sledovaných těžkých kovů v kůře u jednotlivých druhů stromů v pozadových oblastech Osoblažsko (A) a Odersko (B).

Tabulka 5.5: Srovnání průměrných hodnot Cr, Pb, As, Ni, a Mn u jednotlivých druhů stromů v pozadových oblastech A- Osoblažsko, B- Odersko

Druh stromu	Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)		As (mg/kg)		Ni(mg/kg)		Mn (mg/kg)	
	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B
<i>Salix fragilis</i>	4,799	190,78	2,99	<0,010	9,846	2,429	1,25	0,56	288,77	175,75
<i>Fraxinus excelsior</i>	3,789	52,04	3,27	0,73	9,461	0,420	1,58	<0,010	22,87	41,69
<i>Carpinus betulus</i>	1,401	38,76	9,99	4,82	2,873	1,439	2,49	<0,010	1760,55	1450,53
<i>Quercus robur</i>	13,748	48,74	8,93	4,48	3,367	3,051	3,17	1,89	604,10	295,55
<i>Betula pendula</i>	8,642	61,46	1,77	0,84	3,82	1,516	2,58	0,38	834,80	635,12
<i>Pinus sylvestris</i>	20,757	118,29	4,89	2,29	3,275	0,303	0,86	<0,010	100,72	63,63
<i>Larix decidua</i>	12,351	50,72	8,40	<0,010	9,051	0,145	2,50	0,97	185,25	286,36
<i>Picea abies</i>	6,594	37,78	1,05	<0,010	2,010	<0,010	2,38	3,92	1340,38	888,58
<i>Acer platanoides</i>	10,367	17,74	1,67	2,11	0,226	<0,010	3,14	3,76	153,24	819,32
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6,781	35,64	2,57	2,28	0,749	<0,010	6,40	5,15	183,07	128,55
<i>Tilia cordata</i>	12,975	70,77	1,54	2,91	0,409	0,372	1,70	4,33	37,83	226,51
<i>Aesculus hippocastanum</i>	8,565	35,19	1,16	<0,010	<0,010	0,139	1,85	3,05	79,67	73,49
<i>Malus sp.</i>	10,748	35,20	3,25	<0,010	2,994	1,435	3,12	4,23	13,13	13,11
<i>Juglans regia</i>	2,277		3,67		2,942		1,16		82,96	
<i>Fagus sylvatica</i>		40,71		2,93		3,051		3,06		366,26
min	1,401	17,74	1,05	<0,010	0,226	<0,010	0,86	<0,010	13,13	13,11
max	20,757	190,78	9,99	4,82	9,846	3,051	6,40	5,15	1760,55	1450,53
průměr	9,347	61,01	3,96	2,56	3,720	1,125	2,54	2,82	431,11	392,17
SD	48,4	44,2	3,0	1,4	3,49	9,7	1,3	1,6	536,0	415,9

V tabulce 5.5 a tabulce 5.6 jsou uvedeny celkové obsahy prvků stanovené v kůře sledovaných druhů. Barevně (zeleně) jsou označeny druhy, které mají přibližně stejný průměrný obsah včetně započítání vlivu chyby analytického stanovení (20 %). Z tabulek 5.5 a 5.6 dále vyplývá, že nejvyšší počet podobných hodnot v obou souborech bylo zjištěno pro Zn (10), dále pro Fe a Cu (5), pro Cd (3) a u ostatních prvků Pb, As, Mn (2), u Ni (1) a u Cr (0). K mikrobiogenním prvkům patří: Fe, B, Cu, Mn, Zn, Mo, které tvoří součást enzymů. Z uvedených závislostí je zřejmé, že ve vybraných pozadíových oblastech jsou Zn, Fe a Cu spíše charakteristické pro určité druhy, než by reagovaly na zátěž prostředí. Zcela jiná situace by měla být u As, Cd, Cr a Ni, které nejsou biogenní a budou akumulovány jen v případě vyšší zátěže v oblasti, případně bude zohledněna afinita prvků u jednotlivých druhů.

Tabulka 5.6: Srovnání průměrných hodnot u jednotlivých druhů stromů v pozadíových oblastech A- Osoblažsko, B- Odersko pro Fe, Cu, Cd a Zn

Druh stromu	Fe (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Cd (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B	Oblast A	Oblast B
<i>Salix fragilis</i>	262,86	437,10	7,42	7,25	2,37	0,41	151,29	142,52
<i>Fraxinus excelsior</i>	283,82	60,52	6,75	5,79	0,04	0,15	20,34	17,30
<i>Carpinus betulus</i>	57,76	58,20	7,25	3,06	0,01	0,09	71,85	32,77
<i>Quercus robur</i>	151,36	130,47	6,69	2,90	0,77	0,09	12,08	8,39
<i>Betula pendula</i>	70,85	63,43	6,05	2,68	0,45	0,41	143,06	105,16
<i>Pinus sylvestris</i>	69,63	150,07	3,03	3,55	0,44	0,48	15,29	13,25
<i>Larix decidua</i>	128,13	61,84	2,15	2,71	0,45	0,12	16,07	18,54
<i>Picea abies</i>	54,45	47,08	6,50	4,54	1,95	1,98	122,32	137,66
<i>Acer platanoides</i>	58,61	37,01	13,14	5,58	0,24	2,75	38,03	40,5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	56,69	44,82	0,92	2,83	0,49	1,24	36,16	30,39
<i>Tilia cordata</i>	90,34	55,33	2,40	2,90	0,55	1,44	10,42	10,85
<i>Aesculus hippocastanum</i>	92,73	37,51	7,30	5,49	1,02	<0,010	12,38	7,58
<i>Malus sp.</i>	105,92	49,52	7,90	4,10	1,35	0,26	14,15	8,45
<i>Juglans regia</i>	52,08		5,99		2,18		10,63	
<i>Fagus sylvatica</i>		81,9		2,75		0,26		10,41
min	54,45	37,01	0,92	2,68	0,01	0,09	10,42	7,58
max	283,82	437,10	13,14	7,25	2,37	<0,010	151,29	142,52
průměr	114,09	94,84	5,96	4,11	0,78	0,78	51,03	44,11
SD	73,7	104,2	3,1	1,4	0,7	0,8	51,1	47,9

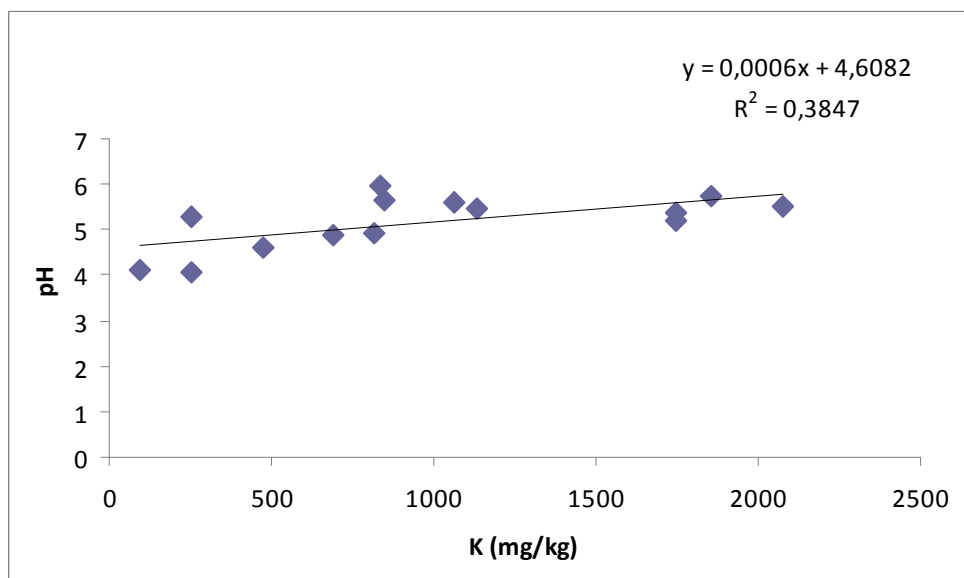
Biogeochemie vodného výluhu

V rámci chemické analýzy kůry jednotlivých druhů dřevin byla stanovena průměrná hodnota konduktivity a pH pro jednotlivé druhy dřevin. Tyto hodnoty jsou uvedené v tabulce 5.7 a také v tabulkách, které charakterizují celkové chemické složení jednotlivých druhů dřevin a jsou součástí přílohy číslo 4.

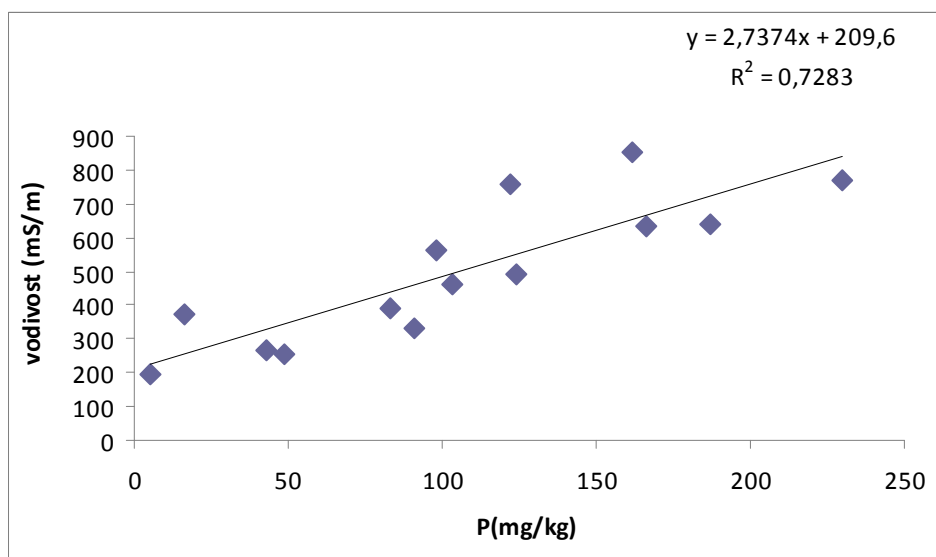
Tabulka 5.7: Srovnání průměrných hodnot výluhu pro konduktivitu a pH u jednotlivých druhů stromů

Druh stromu	pH	Vodivost (mS/m)
<i>Acer platanoides</i>	5,5	596
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5,45	640
<i>Aesculus hippocastanum</i>	5,19	631
<i>Fraxinus excelsior</i>	5,58	463
<i>Malus sp.</i>	5,49	770
<i>Tilia cordata</i>	5,39	855
<i>Betula pendula</i>	5,29	252
<i>Fagus sylvatica</i>	5,63	392
<i>Salix fragilis</i>	5,75	373
<i>Juglans regia</i>	5,94	758
<i>Quercus robur</i>	4,61	267
<i>Carpinus betulus</i>	4,86	562
<i>Larix decidua</i>	4,11	195
<i>Pinus sylvestris</i>	4,93	492
<i>Picea abies</i>	4,05	333
průměr	5,17	505,2

Vyšší hodnoty pH (> 5 pH) byly stanoveny u všech listnatých druhů stromů s výjimkou *Quercus robur* a *Carpinus betulus* (< 5 pH). Všechny druhy stromů ze skupiny jehličnanů měly hodnotu pH < 5 . Při vzájemné korelaci ostatních sledovaných parametrů ve vodném výluhu z kůry a hodnotou pH nebyla prokázána žádná statisticky významná závislost. Statisticky méně významná závislost se projevila pouze u obsahu draslíku (obrázek 5.20). Statisticky významná závislost byla zjištěna pouze konduktivitou a obsahem celkového fosforu ve vodném výluhu z kůry stromu (obrázek 5.21), kdy koeficient korelace dosáhl hodnotu $r = 0,84$.

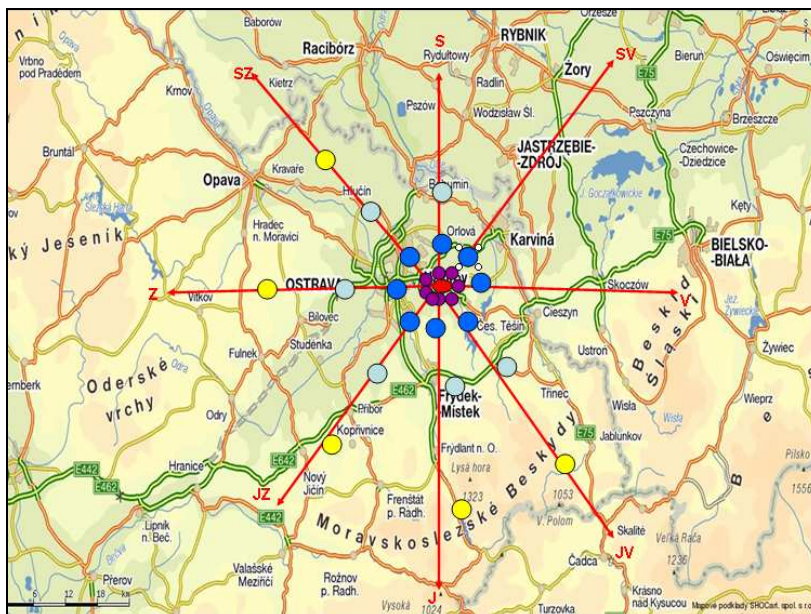


Obrázek 5.20: Graf závislosti pH a obsahu K v kůře stromů

Obrázek 5.21: Závislost mezi konduktivitou a obsahem P_{celk} ve vodném výluhu z kůry stromů

Biogeochemie kůry na Ostravsku

V konkrétních výzkumných oblastech na Ostravsku obrázek 5.22 (viz.také kapitola 4.1., tabulka 4.1, str.34) byly epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* nalezeny na stromech druhu *Acer platanoides*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Malus sp.*, *Salix sp.*, *Tilia cordata*, *Betula pendul* a *Populus nigra*.



Obrázek 5.22: Mapa výzkumné oblasti s vyznačenými odběrovými lokalitami (●4,●8, ●16,●32) na jednotlivých transektních liniích orientovanými na světové strany

Ze základních makrobiogenních prvků byly ve vodném výluhu z kůry v oblasti Ostravska analyzovány (P, Mg, Ca, N) a DOC. Analýza těžkých kovů byla pro Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Cr, As a navíc se na Ostravsku analyzovala Hg. Z důvodů malého množství odebrané kůry na Ostravsku, nebyly vzorky kůry analyzovány na sírany a chloridy. Obsahy většiny makrobiogenních prvků byly pro jednotlivé druhy stromů srovnatelné, nebyl tedy prokázán vliv prostředí (lokality) (tabulka 5.8 a 5.9). Také průměrné hodnoty základních prvků pro konkrétní druh na Ostravsku jsou přibližně stejné jako hodnoty stanovené chemickou analýzou u stromu z pozadových oblastí. Jen u některých druhů stromů byly průměrné hodnoty obsahu rozdílné. Například průměrný obsah DOC v kůře *Tilia cordata* byl o 72 % větší na Ostravsku, naopak o 44 % menší v kůře *Aesculus hippocastanum*. Průměrný obsah P v kůře stromu *Betula pendula* byl o 23 % vyšší na Ostravsku a o 28 % menší v kůře druhu *Juglans regia*. Průměrné množství N v kůře *Malus sp.* bylo na Ostravsku o 79 % menší a narozdíl obsah N v kůře *Tilia cordata* o 84 % vyšší, ale průměrný obsah Ca v kůře *Tilia cordata* byl zase o 34 % nižší. U druhu *Salix sp.* byl průměrný obsah Ca v kůře o 64 % vyšší. Obsah Ca může být ovlivněn depozicí- např. použití vápence jako vsázky do vysokých pecí. Největší rozdíly byly v obsahu Mg v kůře, kdy průměrné hodnoty na Ostravsku byly přibližně o 120 % vyšší hned u několika druhů stromů (*Acer platanoides*, *Malus sp.*, *Salix sp.*). Celková hodnota vodivosti pak na Ostravsku klesla v průměru o 42 %, z toho u druhu *Juglans regia*

klesla vodivost o v průměru 68 %, na rozdíl u druhu *Salix sp.* průměrná hodnota konduktivity (vodivosti) stoupla o 22 %. Stanovené průměrné hodnoty pH se přibližně shodují s hodnotami z pozadových oblastí (tabulka 5.10).

Pouze hodnoty získané u stromu druhu *Populus nigra* nemohly být porovnány s hodnotami z pozadových oblastí, protože v pozadových oblastech kůra tohoto druhu nebyla sbírána a analyzována.

Tabulka 5.8: Srovnání obsahu základních chemických makrobiogenních prvků, pH a vodivosti u stromů druhu *Fraxinus excelsior* v rozdílných lokalitách na Ostravsku

Obalst odběru	Druh stromu	pH	Vodivost	Ca	Mg	P	DOC	TN
			μS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JV16	<i>Fraxinus excelsior</i>	4,97	512	149,33	118,56	179,82	3492,80	86,89
SV8	<i>Fraxinus excelsior</i>	4,68	543	182,21	121,52	219,49	3392,70	82,59
SV8	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,09	527	174,29	122,24	199,77	3143,74	90,30
SZ16	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,04	301	132,88	122,96	159,63	3495,65	90,74
JZ32	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,25	531	156,44	134,32	199,54	3580,60	91,54
JZ32	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,39	304	115,10	147,68	179,82	3586,98	97,86
JZ32	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,01	474	116,44	146,52	169,75	3595,08	90,12
Z16	<i>Fraxinus excelsior</i>	5,25	340	132,89	156,28	179,59	3314,00	87,23
průměr		5,09	441,50	144,95	133,76	185,93	3450,19	89,66
SD		0,2	100,3	23,4	13,6	17,9	148,4	4,1

Tabulka 5.9: Srovnání obsahu základních chemických makrobiogenních prvků, pH a vodivosti u stromů druhu *Malus sp.* v rozdílných lokalitách na Ostravsku

Obalst odběru	Druh stromu	pH	Vodivost	Ca	Mg	P	DOC	TN
			μS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JV16	<i>Malus sp.</i>	5,48	179	645,29	47,48	239,91	1333,97	12,09
JV16	<i>Malus sp.</i>	5,75	904	674,14	57,84	259,63	1276,49	15,05
V8	<i>Malus sp.</i>	4,78	650	690,58	58,60	219,72	1239,46	11,61
JV4	<i>Malus sp.</i>	5,34	754	637,14	56,28	212,01	1271,38	9,98
Z4	<i>Malus sp.</i>	5,04	920	668,76	51,24	229,08	1238,68	12,97
průměr		5,28	681,40	663,18	54,29	232,07	1272,00	12,34
SD		0,3	270,2	19,4	4,2	16,6	34,7	1,6

Tabulka 5.10: Průměrné obsahy sledovaných parametrů ve vodném výluhu u jednotlivých druhů stromů z pozad'ových oblastí a z Ostravska

Druh stromu	pH		DOC (mg/kg)		P (mg/kg)		N (mg/kg)		Ca (mg/kg)		Mg (mg/kg)	
	PO	OS	PO	OS	PO	OS	PO	OS	PO	OS	PO	OS
<i>Acer platanoides</i>	5,5	5,97	1264,6	1208,37	198,1	171,76	120,6	117,74	344	324,03	35,3	77,33
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5,45	5,40	958	871,57	187,3	164,79	147,7	116,47	352,1	357,05	30,3	45,47
<i>Aesculus hippocastanum</i>	5,19	5,05	2525	1414,77	165,8	174,76	151,9	142,31	353,8	350,75	29,6	36,74
<i>Fraxinus excelsior</i>	5,58	5,09	2992,5	3450,19	102,3	185,93	94,9	89,66	154,4	144,95	136,4	133,76
<i>Malus sp.</i>	5,49	5,28	1196,4	1272,00	229,9	232,07	57,6	12,34	685,9	663,18	24,2	54,29
<i>Tilia cordata</i>	5,39	4,90	1469,1	2528,52	161,9	163,79	110,4	203,42	550,2	362,65	49,7	90,61
<i>Salix sp.</i>	5,94	5,77	285	332,89	15,8	16,55	135,2	121,39	187,4	307,52	38,2	81,21
<i>Juglans regia</i>	5,75	6,28	1568,4	1268,33	122,2	87,61	113	107,54	845	739,27	28,7	27,40
<i>Betula pendula</i>	5,29	5,38	2137,2	2374,07	48,4	59,77	47,5	49,26	62,8	59,33	65,4	65,60
<i>Populus nigra</i>		6,31		823,96		113,39		74,08		304,63		108,30

PO pozad'ové oblasti, OS Ostravsko

Analýzy rizikových prvků u jednotlivých druhů v pozadíových oblastech prokázaly, že některé mohou mít jednoznačně indikační význam: As, Cd, Ni, Cr, u jiných byl obsah ovlivněn biogenním původem (Zn, Cu a dále Fe).

Na území města Ostravy je chemizmus kůry značně ovlivněn atmosférickou depozicí. Obsahy sledovaných prvků jsou spíše ovlivněny odběrovým místem a jeho pozicí vůči imisním zdrojům než „afinitou“ rostlinného druhu vůči biogenním prvkům. Na příkladech v tabulkách 5.11 a 5.12 můžeme vidět rozdílné hodnoty jednotlivých těžkých kovů u stejného druhu stromu v závislosti na oblasti výskytu (transektní linie).

Tabulka 5.11: Srovnání obsahu těžkých kovů u stromů druhu *Malus sp.* v rozdílných lokalitách

	Druh stromu	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn	Cr	As	Hg
Oblast		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JV16	<i>Malus sp.</i>	18,227	2,128	4,522	17,321	0,808	97,82	8,80	9	< 3	< 0,5
JV16	<i>Malus sp.</i>	19,290	2,346	4,896	15,866	1,069	72,55	7,63	17,8	< 3	< 0,5
V8	<i>Malus sp.</i>	44,397	1,575	15,692	113,706	2,69	931,77	88,67	61,3	12,2	0,8
JV4	<i>Malus sp.</i>	26,158	0,791	6,009	22,428	1,479	165,98	19,40	19,4	< 3	1,1
Z4	<i>Malus sp.</i>	29,144	2,318	4,950	18,149	1,993	143,55	19,93	9,2	< 3	1,1
SV4	<i>Malus sp.</i>	5,392	0,755	22,856	30,602	1,832	751,26	57,46	23,5	< 3	< 0,5

Tabulka 5.12: Srovnání obsahu těžkých kovů u stromů druhu *Fraxinus excelsior* v rozdílných lokalitách

	Druh stromu	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn	Cr	As	Hg
Oblast		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JV16	<i>Fraxinus</i>	32,324	2,704	5,800	34,674	1,154	313,33	17,12	7,5	< 3	< 0,5
SV8	<i>Fraxinus</i>	22,392	0,675	13,072	30,002	1,477	490,95	13,86	27	< 3	0,5
SV8	<i>Fraxinus</i>	24,220	0,819	9,071	49,120	1,873	249,04	17,43	16,5	< 3	0,5
SZ16	<i>Fraxinus</i>	20,342	0,891	16,655	49,856	1,468	1555,77	27,58	90,8	< 3	1,2
JZ32	<i>Fraxinus</i>	5,342	0,969	15,075	25,077	0,653	334,63	17,48	19,6	< 3	0,7
JZ32	<i>Fraxinus</i>	9,740	1,267	14,155	30,509	0,901	455,12	18,72	24,9	< 3	0,6
JZ32	<i>Fraxinus</i>	2,589	0,912	12,804	26,758	1,152	446,21	24,67	20,4	< 3	< 0,5
Z16	<i>Fraxinus</i>	3,005	1,079	10,233	16,570	0,647	233,80	21,54	16,4	< 3	0,6

Průměrné hodnoty těžkých kovů v kůře všech stromů na Ostravsku jsou u většiny prvků vyšší než průměrné hodnoty stejných prvků stanovené v kůře stromů v pozadových oblastech (Pb- 8,4x, Fe- 6,7x, Cu- 2,2x, Zn- 1,6x a Cd-2,1x). U prvku Mn a Ni nastal opačný případ, kdy průměrné hodnoty obsahu v kůře ze všech oblastí na Ostravsku jsou nižší než průměrné hodnoty obsahu stejných prvků v kůře z pozadových oblastí (Mn- 4x), jak je patrné z tabulky 5.13.

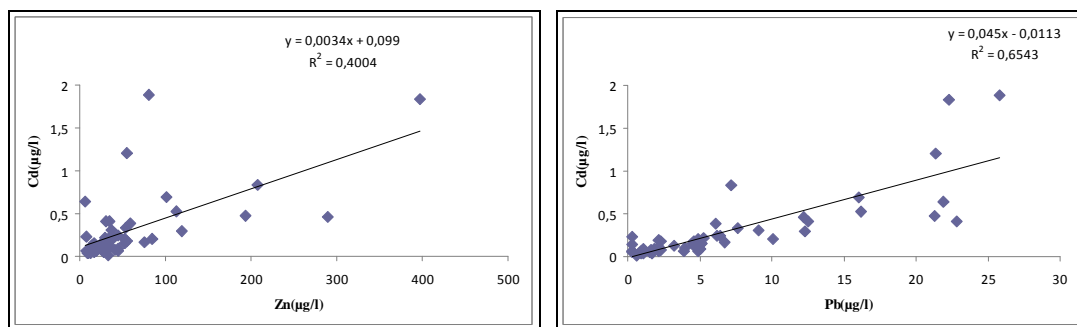
Tabulka 5.13: Srovnání průměrných hodnot obsahu těžkých kovů v kůře u všech stromů na Ostravsku a v kůře stromů z pozadových oblastí

Oblast	Těžké kovy (mg/kg)								
	Pb	Fe	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn	Cr	As
Ostravsko	27,08	695,36	10,86	74,06	1,67	2,17	102,73	45,97	9,99
Osoblažsko- A	3,96	114,09	5,96	51,03	0,78	2,54	431,11	9,3	3,72
Odersko- B	2,5	94,84	4,11	44,11	0,78	2,82	392	6,1	1,125

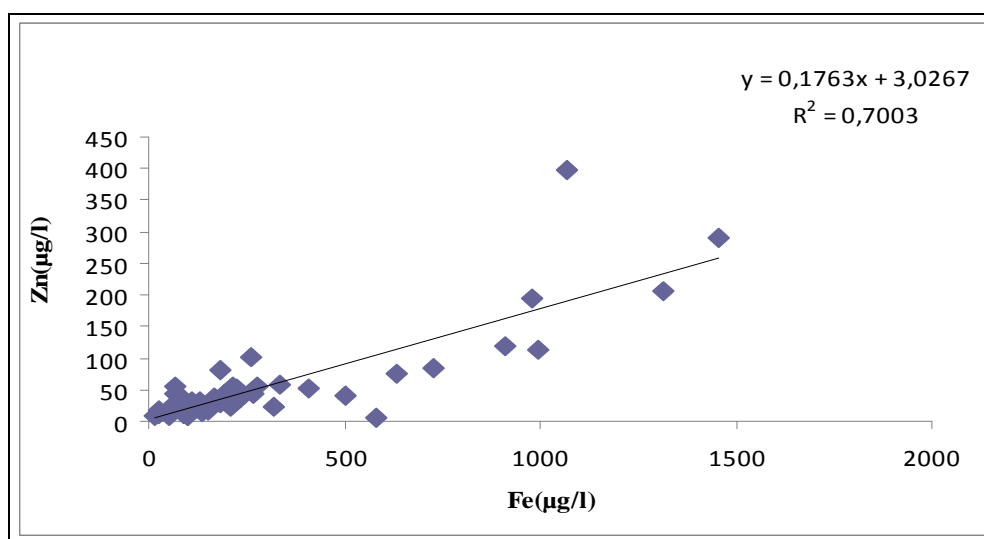
Pro zjištění vlivu celkové depozice na obsah prvků v kůře jsem provedla srovnání koeficientů korelace zjištěné pro celkový obsah rizikových prvků v kůře a korelaci mezi prvky stanovenými v celkové depozici. Pro toto srovnání jsem využila data z ČHMÚ z Ostravy- Poruby za rok 2007 (tabulka 5.14). Příklady závislostí mezi sledovanými prvky v mokré depozici jsou uvedeny na obrázcích 5.23 a 5.24.

Tabulka 5.14: Porovnání koeficientů korelace pro celkový obsah těžkých kovů v kůře na území Ostravska a pro chemizmus mokré depozice Ostrava- Poruba (ČHMÚ)

	Pb		Cd		Cu	Zn		Ni		Fe		Mn
	Kůra	Srážky	Kůra	Srážky	Kůra	Kůra	Srážky	Kůra	Srážky	Kůra	Srážky	Kůra
Cd	0.58	0.80										
Cu	0.11	Nest.	0.14	Nest.								
Zn	0.48	0.51	0.77	0.63	0.37							
Ni	0.17				0.11							
Fe	0.47	0.45	0.10	0.21	0.72	0.51	0.83	0.38	0.41			
Mn	0.39	0.11	0.32	0.12	0.22	0.48	0.61	0.56	0.34	0.41	0.74	
Cr	0.49	Nest.	0.19	Nest.	0.71	0.55	Nest.	0.27	Nest.	0.90	Nest.	0.39



Obrázek 5.23: Grafy závislosti mezi Cd a Zn a mezi Cd a Pb v celkové depozici Ostrava-Poruba



Obrázek 5.24: Graf závislosti mezi Zn a Fe v celkové depozici Ostrava- Poruba

Kritické hodnoty koeficientu korelace při hladině významnosti 0,005 jsou 0,564 pro 21 hodnot mokré depozice, pro vzorky kůry je kritická hodnota koeficientu korelace 0,425. Z hodnot koeficientu korelace mokré depozice je zřejmá asociace prvků: Pb- Cd- Zn a dále Zn- Fe- Mn. Z celkového obsahu rizikových prvků v kůře je zřejmá asociace: Pb- Cd- Zn- Fe a dále Cu- Fe- Cr- Mn. Chování prvků v obou souborech je velmi podobné, u kůry je navíc rozšířeno o Cu a Cr. V ostatních souborech získaných pro lokalitu Osoblaha a Odersko nebyla zjištěna žádná korelační závislost mezi obsahem sledovaných prvků. Z těchto výsledků je tedy zřejmé, že kůru lze využít jako bioindikační materiál pouze v území významně postiženém imisní zátěží.

Výsledky průměrných hodnot obsahu těžkých kovů v kůře stromů, na kterých se vyskytovaly epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* v jednotlivých odběrových lokalitách na Ostravsku znázorňuje tabulka 5.15. V době, kdy výzkum probíhal, nebyl technicky možný odběr vzorků kůry na těchto lokalitách- transektech (J4- J32, JZ4- JZ16, V4, Z8), a proto nebyla prováděna ani chemická analýza kůry z těchto transektů. Na těchto

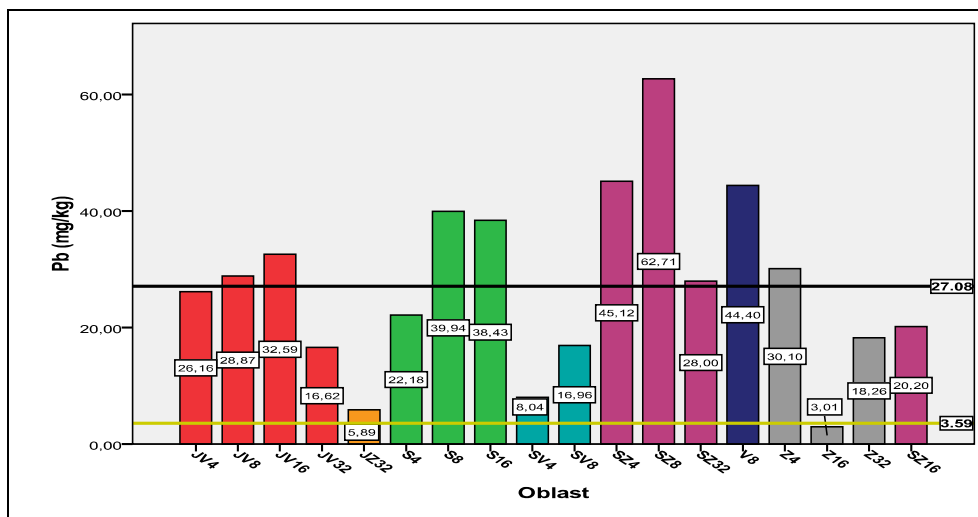
transektech probíhal pouze sběr epifytických mechorostů rodu *Orthotrichu*. Na transektu SZ16 nebyl rod *Orthotrichum* nalezen a proběhl zde pouze sběr vzorků kůry.

Tabulka 5.15: Průměrné hodnoty těžkých kovů v kůře stromů na konkrétních výzkumných lokalitách na Ostravsku

Lokalita na Ostravsku	Těžké kovy (mg/kg)									
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn	Cr	As	Hg
JV4	26,16	0,79	6,01	22,43	1,48	165,98	19,40	19,40	< 3	1,10
JV8	28,87	4,34	6,12	190,57	1,68	217,51	110,80	14,47	< 5	0,60
JV16	32,59	2,18	6,85	36,43	1,37	327,29	51,17	20,56	< 4	0,90
JV32	16,62	1,07	5,56	41,20	2,62	483,79	104,51	42,25	< 3	0,60
JZ32	5,89	1,05	14,01	27,45	0,90	411,99	20,29	21,63	< 3	0,65
S4	22,18	0,81	11,18	56,52	2,16	813,85	70,97	39,35	< 3	0,55
S8	39,94	1,74	10,77	73,06	1,34	765,66	89,86	30,90	< 3	0,70
S16	38,43	1,41	7,79	64,83	4,77	730,51	303,30	42,50	4,10	0,70
SV4	8,04	1,34	18,53	87,03	1,61	1104,85	83,68	40,55	6,30	< 0,5
SV8	16,96	0,64	9,52	36,02	1,73	323,45	28,80	20,43	< 3	0,50
SZ4	45,12	2,52	8,18	70,14	1,86	674,53	92,62	42,10	< 3	1,70
SZ8	62,71	3,27	17,87	200,59	1,71	1483,75	175,47	120,10	8,20	1,80
SZ32	28,00	1,73	9,84	77,51	5,18	814,16	136,34	51,80	4,10	0,50
V8	44,40	1,58	15,69	113,71	2,69	931,77	88,67	61,30	12,20	0,80
Z4	30,10	2,08	7,24	25,51	1,76	155,85	162,65	9,95	< 3	1,10
Z16	3,01	1,08	10,23	16,57	0,65	233,80	21,54	16,40	< 3	0,60
Z32	18,26	1,25	12,06	92,25	3,00	1705,26	218,75	134,00	12,60	1,20
SZ16	20,20	1,23	18,00	101,19	2,56	1172,57	70,34	99,80	22,40	0,90
Průměr	27,08	1,67	10,86	74,06	2,17	695,36	102,73	45,97	9,99	0,88
SD	14,88	0,92	4,20	51,24	1,16	443,41	72,69	35,37	6,00	0,38

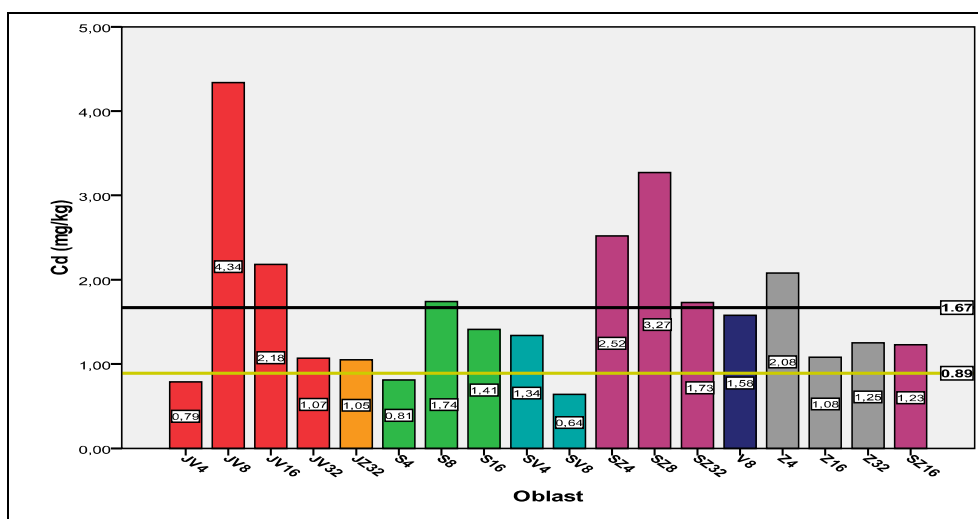
Rozhodující pro imisní zátěž na Ostravsku jsou především hodnoty Fe. Ačkoliv Fe jako biogenní prvek se samozřejmě přirozeně vyskytuje v kůře stromů, z tabulky 5.15 je zřejmé, že ve většině oblastech Ostravska jsou hodnoty Fe v kůře mnohem vyšší než v pozadíových oblastech (tabulka 5.13) a zároveň s vyšší hodnotou Fe souvisí také vyšší hodnoty Cd (jako ryze antropogenního prvku) v kůře stromů jednotlivých oblastí Ostravska. Tato závislost je také zřejmá z předešlých korelací.

Obsahy zkoumaných těžkých kovů v konkrétních lokalitách na Ostravsku jsou přehledně znázorněny na obrázcích 5.25 až 5.34. Barevně jsou odděleny jednotlivé linie transektů, které jsou dány orientací na světové strany a čísla odpovídají číslům odběrových lokalit na dané transektní linii viz tabulka 5.15.



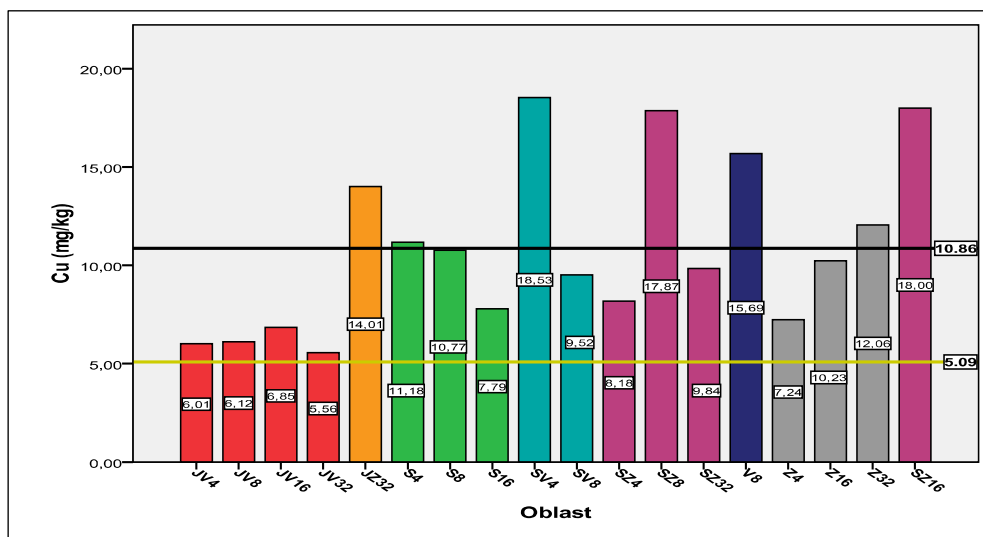
Obrázek 5.25: Graf obsahu Pb v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Pb v kůře stromu byl nejvyšší v lokalitě SZ8 - Radvanice (62,71 mg/kg), nejmenší v lokalitě Z16- St.Bělá (3,01 mg/kg) a JZ32 - Libhošťské hůrky (5,89 mg/kg). Průměrná hodnota Pb ve všech lokalitách byla stanovena 27,08 mg/kg ($\pm 14,88$ SD).



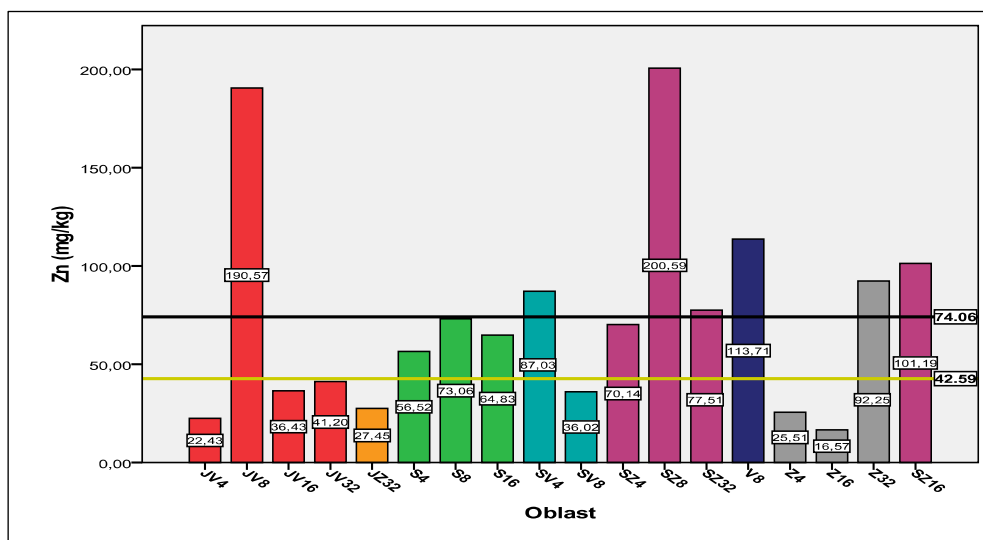
Obrázek 5.26: Graf obsahu Cd v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Cd v kůře stromů byl nejvyšší v lokalitě JV8- Zádky (4,34mg/kg) a SZ8- Radvanice (3,27 mg/kg). Průměrný obsah Cd v kůře stromů na Ostravsku byl 1,67 mg/kg ($\pm 0,92$ SD).



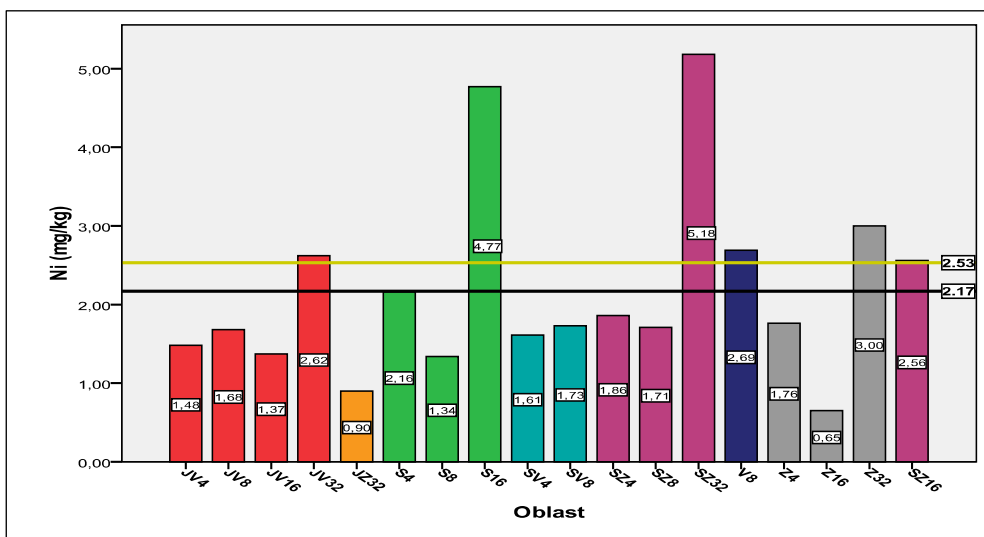
Obrázek 5.27: Graf obsahu Cu v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Cu v kůře stromů na Ostravsku byl nejvyšší hned v několika oblastech, a to SV4 (18,53 mg/kg), SZ16 (18,00 mg/kg), SZ8 (17,87 mg/kg), V8 (15,69 mg/kg). Nejnižší hodnoty obsahu Cu v kůře stromů byly stanoveny na celé transektní linii JV4- JV32 (průměr: 6,14 mg/kg, $\pm 0,46$ SD).



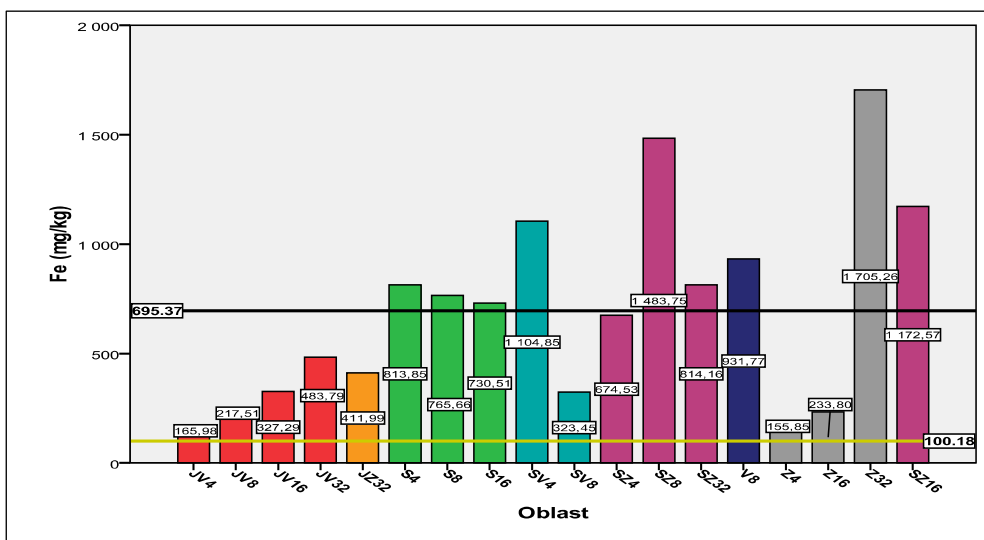
Obrázek 5.28: Graf obsahu Zn v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Hodnoty obsahu Zn v kůře stromů byly nejvyšší v oblasti SZ8 (200 mg/kg), JV8 (190,57 mg/kg), přitom ostatní oblasti na transektní linii JV (JV4, JV16, JV32) patří k oblastem s nízkými hodnotami Zn na Ostravsku (průměr: 33,35 mg/kg $\pm 7,96$ SD).



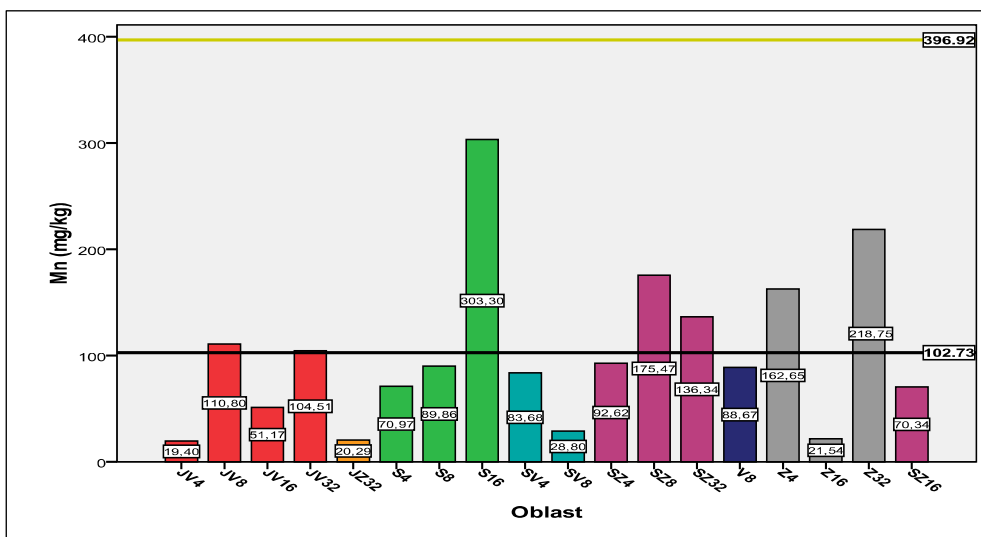
Obrázek 5.29: Graf obsahu Ni v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Hodnoty obsahu Ni v kůře rostly v průměru spolu se vzdáleností na transektní linii. Nejvyšších hodnot bylo tedy dosaženo v oblastech SZ32 (5,18 mg/kg), S16 (4,77 mg/kg), Z32 (3,00 mg/kg), JV32 (2,62 mg/kg), zároveň na nejvzdálenější oblasti transektu JZ32 byly hodnoty obsahu Ni nízké (0,90 mg/kg).



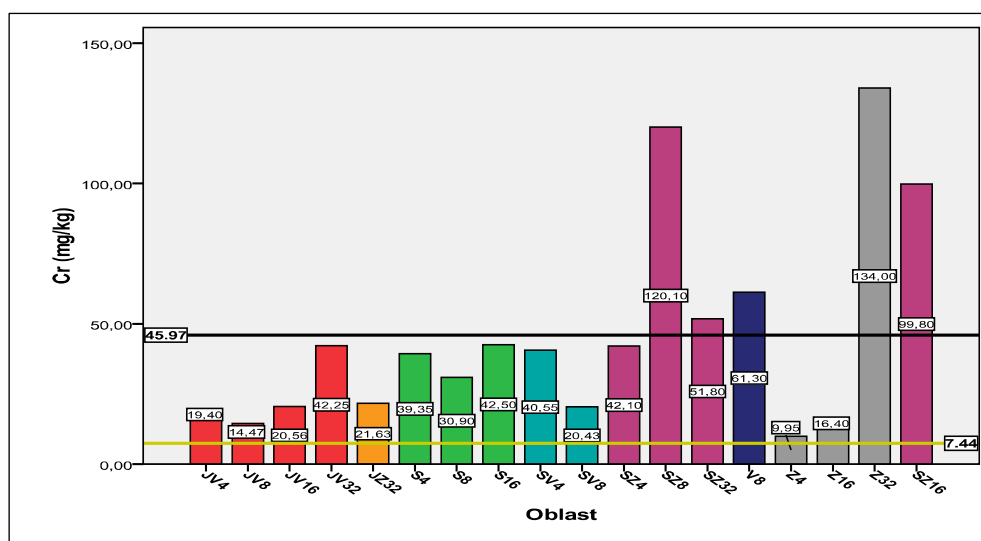
Obrázek 5.30: Graf obsahu Fe v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Nejnižší hodnoty obsahu Fe v kůře stromů byly stanoveny v oblastech JV4- JV32 (průměr: 298,64 mg/kg), kdy hodnoty obsahu Fe narůstaly s rostoucí vzdáleností na transektní linii. Nejvyšší hodnoty obsahu Fe v kůře stromu byly stanoveny v oblasti SZ8 (1483,75 mg/kg) a Z32 (1705,26 mg/kg).



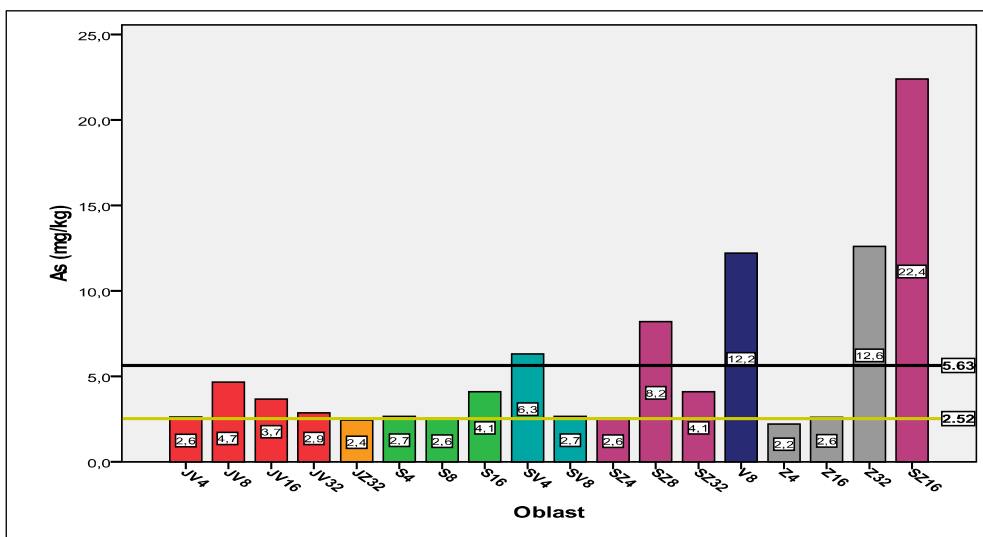
Obrázek 5.31: Graf obsahu Mn v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Mn v kůře stromů na Ostravsku se pohyboval v průměru 102,73 mg/kg. Pouze v oblasti S16, byla tato hodnota výrazně vyšší (303,30 mg/kg).



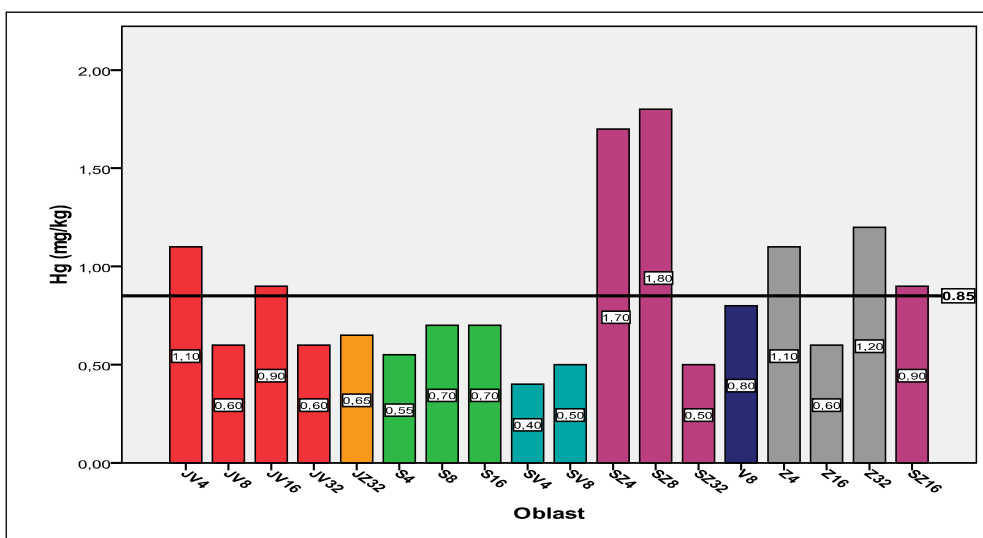
Obrázek 5.32: Graf obsahu Cr v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Cr v kůře stromů na Ostravsku byl přibližně stejný v průměru 45,97 mg/kg. Vyšší byly pouze v oblastech SZ16 (99,8 mg/kg), SZ8 (120,10 mg/kg) a Z32 134,00 mg/kg).



Obrázek 5.33: Graf obsahu As v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Hodnoty obsahu As v kůře stromů byly většinou velmi nízké, pouze v oblasti SZ16 dosáhl obsah As v kůře stromu hodnoty 22,4 mg/kg.



Obrázek 5.34: Graf obsahu Hg v kůře stromů na lokalitách na Ostravsku

Obsah Hg v kůře stromů na Ostravsku dosahoval v průměru 0,85 mg/kg, pouze v oblastech SZ4 a SZ8 byly hodnoty 1,7 mg/kg a 1,8 mg/kg.

Tabulka 5.16: Celková suma těžkých kovů a celková suma rizikových prvků (RP) bez železa v kůře stromů v konkrétních výzkumných lokalitách

Odběrová lokalita		Σ RP (mg/kg)	Odběrová lokalita		Σ RP-Fe(mg/kg)
Horní Těrlicko	JV4	262,74	St. Bělá	Z16	70,08
St. Bělá	Z16	303,88	Libhošťská Hůrka	JZ32	91,87
Obec Šimška	Z4	396,23	Horní Těrlicko	JV4	96,76
Stonava	SV8	438,06	Stonava	SV8	114,61
Rakovec	JV16	479,35	Rakovec	JV16	152,06
Libhošťská Hůrka	JZ32	503,86	Prostřední Suchá	S4	203,72
Obec Zádky	JV8	574,94	Milíkov- Pod Lesy	JV32	214,41
Milíkov- Pod Lesy	JV32	698,20	Obec Šimška	Z4	240,39
Pažgovský les	SZ4	938,78	Kouty, Albrechtice	SV4	247,08
Orlová – Poruba	S8	1013,97	Orlová – Poruba	S8	248,31
Prostřední Suchá	S4	1017,58	Pažgovský les	SZ4	264,24
Borová	SZ32	1129,17	Borová	SZ32	315,01
Dolní Lutyně	S16	1198,34	Landek-okolí Odry	SZ16	336,62
Chotěbuz	V8	1272,81	Chotěbuz	V8	341,03
Kouty, Albrechtice	SV4	1351,93	Obec Zádky	JV8	357,44
Landek-okolí Odry	SZ16	1509,18	Dolní Lutyně	S16	467,83
Radvanice	SZ8	2075,46	Stará Ves u Bílovce	Z32	493,37
Stará Ves u Bílovce	Z32	2198,63	Radvanice	SZ8	591,71

Kůra sama o sobě může reflektovat znečištění ovzduší v zájmové oblasti (Staxäng, 1969, Poikolainen, 1997, Harju et al., 2002, Santitoro et al., 2004, Mitchell et al., 2005, Chi-Leung So et al., 2006, Larsen et al., 2006, Reimann et al., 2007). Z tohoto důvodu můžeme tedy odvodit také imisní zátěž ovzduší v oblasti výzkumných lokalit. Z tabulky 5.16 (sloupce v levo) vyplývá, že největší obsah těžkých kovů v kůře byl stanoven na transektních liniích S a SZ od města Havířov. V těchto lokalitách byla celková suma těžkých kovů v kůře > 900 mg/kg (barvy lokalit odpovídají barvám v obrázcích 5.25 - 5.34.). Musíme si uvědomit, že město Havířov není bráno jako centrum zdroje emisí, nýbrž pouze jako střed mezi výzkumnými lokalitami, odkud vybíhají transektní linie a také jako střed, který je ze všech stran obklopen potencionálními zdroji emisí, viz kapitola 4.1. Vyšší obsah rizikových prvků v kůře byl také stanoven v lokalitách SV4, V8 a Z32. Zajímavé jsou právě vysoké hodnoty v oblastech, které leží daleko od velkých zdrojů znečištění (Z32, SZ32), navíc proti směru převládajícího větrného proudění, tudíž dálkový přenos je vyloučen. Vzorky kůry v těchto lokalitách byly odebírány ze stromu, které rostly u rušné silnice v blízkosti obcí. Zde opravdu můžeme říci, že v těchto oblastech jde zejména o lokální než o plošné znečištění ovzduší. Jestliže bylo zjištěno z předešlých výsledků,

že rozhodující pro imisní zátěž na Ostravsku jsou především obsahy Fe, byly tyto hodnoty z celkové sumy těžkých kovů odečteny. Až na malé rozdíly, největší obsah těžkých kovů bez železa v kůře byl opět v lokalitách SZ a S, s výjimkou lokality S4, která se nachází v těsné blízkosti města Havířov (tabulka 5.16- sloupce vpravo). V lokalitě JV8 po odečtení obsahu železa, byl obsah ostatních sledovaných prvků vysoký (Mn a Zn), které nemusí souviset s imisní depozicí ale mají i biogenní charakter.

5.1.3 Úhel sklonu kmene

Úhel sklonu kmene se měřil pomocí olůvka zavěšeném na provázku 1m dlouhém. Olůvko se dotýkalo země a konec provázku nakloněného kmene. Následně byla změřena délka mezi bází kmene a olůvkem. Pomocí trigonometrie pravoúhlého trojúhelníku byl dopočítán úhel sklonu kmene podle vzorce :

$$\operatorname{tg} \alpha = a/b \quad (1)$$

kde **a** (protilehlá odvěsna úhlu α) = 1m, **b** (přilehlá odvěsna úhlu α) = změřená délka mezi patou kmene a olůvkem

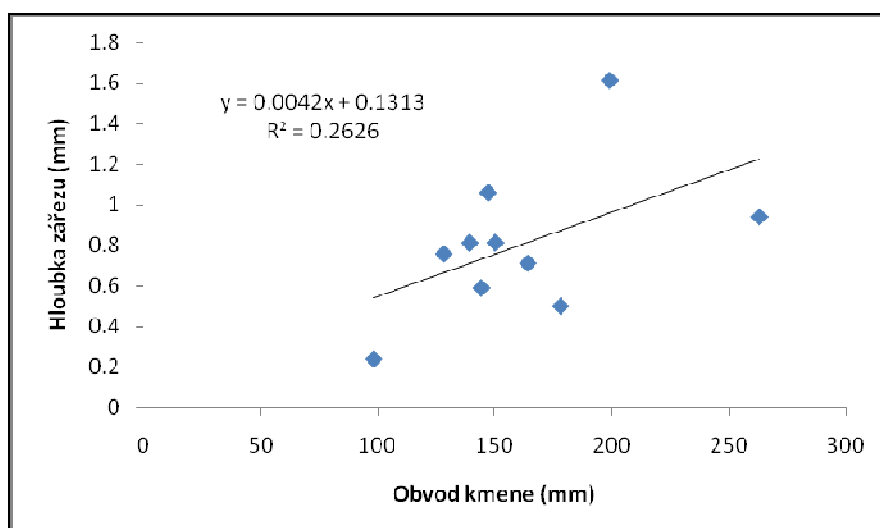
Úhel sklonu kmene byl zkoumán u 41 stromů. Z toho sklon kmene se vyskytoval u 20 stromů, což je 48 %. Největší změřený sklon kmene byl 50°. Podrobný přehled stromů, kde byl sledován sklon kmene s následně vypočtenou velikostí úhlu, je součástí tabulky 5.19 na straně 87.

5.1.4 Morfologie kůry

U všech druhů stromů, na kterých se vyskytovaly epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum*, byl nejdříve změřen obvod kmene a následně byl proveden odběr vzorků kůry. V laboratoři byla u jednotlivých vzorků kůry změřena hloubka zářezů pomocí posuvného měřítka s přesností 0,002 mm. Počet měřených zářezů v jednom vzorku kůry bylo $n=10$. Výsledky měření hloubky zářezů u jednotlivých druhů stromů znázorňuje tabulka 5.17. Vztah mezi hloubkou zářezů a obvodem kmene je dokumentován regresní závislostí ($r = 0.51$) obrázek 5.35.

Tabulka 5.17: Průměrný obvod kmene a průměrná hloubka zářezů kůry pro jednotlivé druhy stromů

Druh stromu	Obvod kmene (mm)	Hloubka zářezu (mm)
<i>Malus sp.</i>	98	0,237
<i>Acer pseudoplatanus</i>	178	0,498
<i>Acer platanoides</i>	144	0,588
<i>Fraxinus excelsior</i>	164	0,710
<i>Salix sp.</i>	128	0,756
<i>Juglans regia</i>	139	0,810
<i>Tilia cordata</i>	150	0,811
<i>Asculus hyppocastatum</i>	263	0,939
<i>Betula pendula</i>	147	1,058
<i>Populu nigra</i>	199	1,612



Obrázek 5.35: Závislost mezi obvodem kmene (stářím stromu) a hloubkou zářezů

Možnost zvětšeného povrchu kůry (hloubka zářezů) může mít vliv na hodnoty vodní kapacity. Srovnáním vodní kapacity kůry u jednotlivých druhů stromů z Ostravska a z pozadových oblastí bylo zjištěno, že vodní kapacity se výrazně neliší. Můžeme říci, že dané hodnoty jsou pro daný druh stromu typické (Valová, Bielešová, 2008). Pouze u druhu *Asculus hyppocastatum* nemohly být hodnoty srovnány, protože v pozadových oblastech se vodní kapacita u tohoto druhu neměřila a druh *Populus nigra* v pozadových oblastech vůbec nebyl vzorkován. U druhu *Betula pendula* byla stanovena hodnota vodní kapacity na Ostravsku výrazně vyšší, než byla stanovena hodnota vodní kapacity v pozadových oblastech. Je ale nutné dodat, že na Ostravsku se jednalo pouze o jeden strom z druhu *Betula pendula*, na kterém se epifytický mechoreost rodu *Orthotrichum*

vyskytoval, a proto byl také tento strom (ačkoliv jediný toho druhu na Ostravsku) blíže zkoumán. Také velikost kmene a tedy stáří stromu *Betula pendula* na kterém se epifyt na Ostravsku vyskytoval se liší od bříz z pozadových oblastí, u kterých byla stanovena modelová hodnota vodní kapacity pro konkrétní druh stromu. Což je v souladu jak uvádí literatura, že vodní kapacita se může lišit se stářím stromu, kdy s věkem se vodní kapacita zvyšuje (Barkmann, 1958).

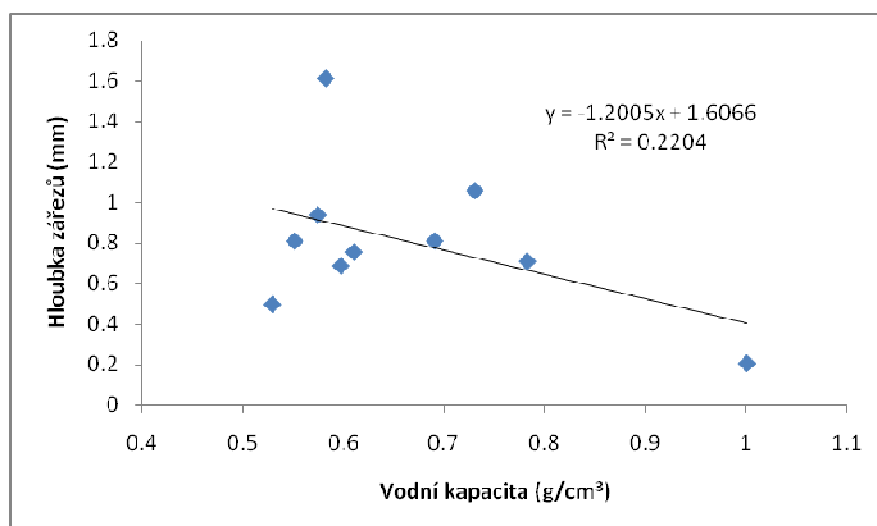
Tabulka 5.18 znázorňuje průměrné hodnoty vodní kapacity a hloubku zářezů pro konkrétní druhy stromů. Hodnotu vodní kapacity může také ovlivnit stáří stromu. Protože s rostoucím stromem se mění také struktura kůry. Můžeme konstatovat, že čím starší strom, tím je jeho obvod kmene větší, má větší množství zářezů a také hloubka těchto zářezů se zvětšuje. Díky tomu může kůra absorbovat větší množství vody, a proto mohou být hodnoty vodní kapacity u starších stromů vyšší. Morfologie kůry, množství a velikost zářezů tedy může být významným parametrem jak pro hodnoty vodní kapacity, tak pro udržení vlhkosti v kůře. Čím menší obvod kmene a tudíž mladší strom, tím je kůra hladší a bez zářezů, voda tak snadněji a rychleji stéká a nemůže se v tak velké míře zachytit v kůře. Stejně je to také se ztrátou vlhkosti. Čím menší obvod kmene a tedy mladší strom, tím je kůra hladší a nedostatek zářezů v kůře způsobuje rychlejší výpar z povrchu kůry než je tomu u starších stromů. Přestože starší stromy mají větší množství zářezů a díky tomu je celková plocha pro vypařování zvětšena, může být tento výpar zpomalen právě díky tomu, že se voda dostane dovnitř póru hlubokých zářezů (Valová, Bielešová, 2008).

Tabulka 5.18: Průměrné hodnoty vodní kapacity a hloubky zářezů v kůře z Ostravska

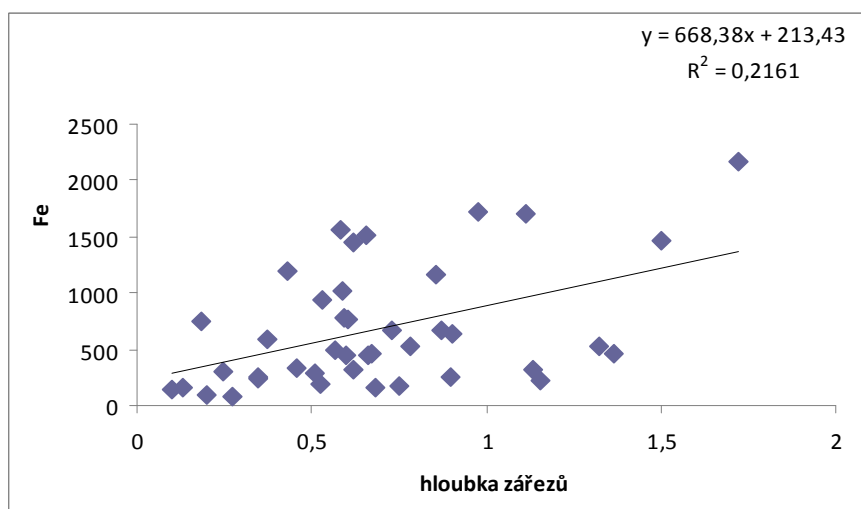
Druh stromu	Vodní kapacita (g/cm ³)	Hloubka zářezů (mm)
	Ostrava	
<i>Malus sp</i>	1,000	0,237
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,529	0,498
<i>Acer platanoides</i>	0,597	0,588
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,782	0,710
<i>Salix fragilis</i>	0,61	0,756
<i>Juglans regia</i>	0,551	0,810
<i>Tilia cordata</i>	0,69	0,811
<i>Asculus hyppocastatum</i>	0,374	0,939
<i>Betula pendula</i>	0,730	1,058
<i>Populu nigra</i>	0,582	1,612

Při porovnání hodnot vodní kapacity s hloubkou zářezů byla zjištěna statisticky ne příliš významná nepřímá závislost ($r = 0.47$) obrázek 5.36. Tato závislost může být ovlivněna i způsobem měření, kdy hloubka zářezů nebyla sledována na stejném vzorku jako vodní kapacita. Tento výsledek potvrzuje druh *Malus sp.*, který patří podle výsledků vodní kapacity mezi druhy s vysokou hodnotou vodní kapacity, ale má průměrnou hloubku zářezů nejmenší ze všech druhů stromů (0,237 mm). V tomto případě by to znamenalo, že z hlediska vodní kapacity nebude určující hloubka zářezů, ale jejich množství.

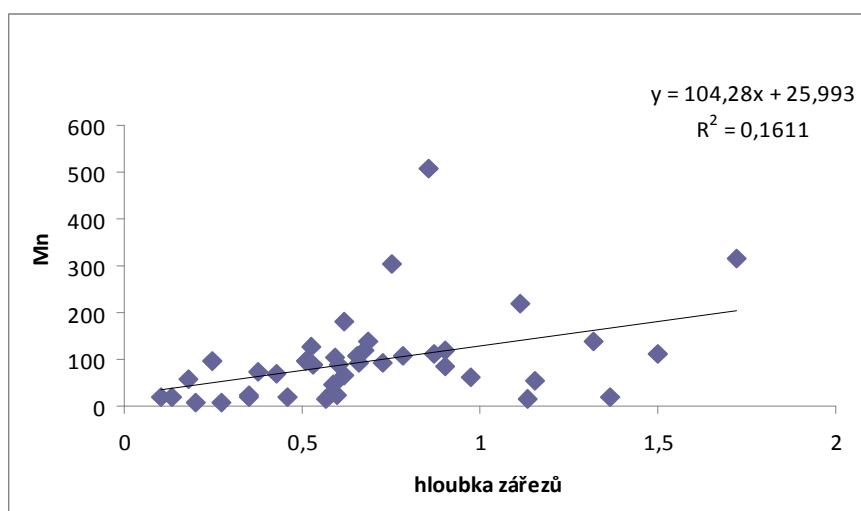
Charakter povrchu kůry a hloubka zářezů může mít vliv také na množství zachycených prachových látek z ovzduší. Závislosti jsou uvedeny na obrázcích 5.37- 5.40.



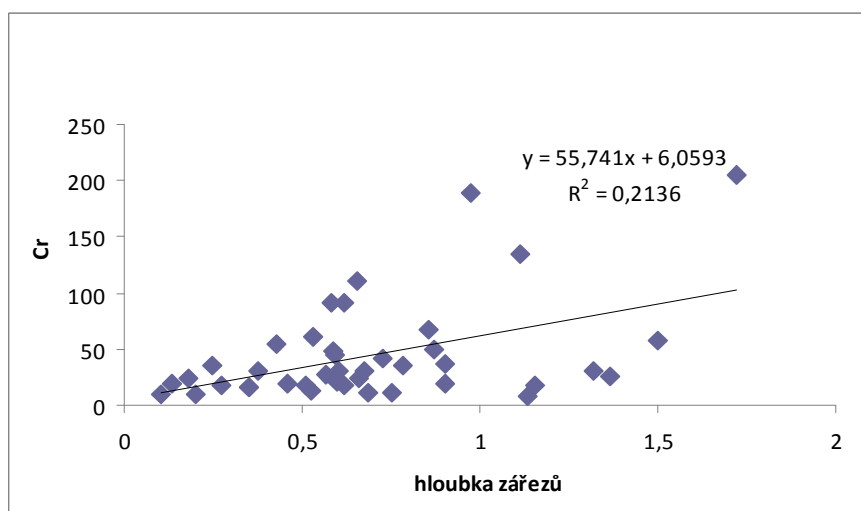
Obrázek 5.36: Závislost mezi hloubkou zářezů a vodní kapacitou



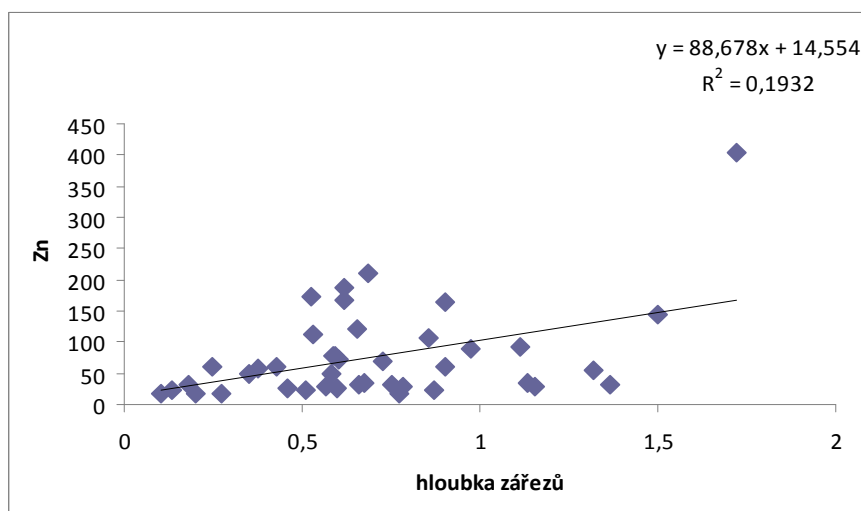
Obrázek 5.37: Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Fe (mg/kg) v kůře



Obrázek 5.38: Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Mn (mg/kg) v kůře



Obrázek 5.39: Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Cr (mg/kg) v kůře



Obrázek 5.40: Graf korelace mezi hloubkou zářezů (mm) a obsahem Zn (mg/kg) v kůře

Při porovnání závislosti mezi hloubkou zářezů a obsahem těžkých kovů v kůře byla zjištěna statisticky významná závislost pro Fe ($r = 0,46$), Cr ($r = 0,45$), Mn ($r = 0,40$) a Zn ($r = 0,43$). Pro 41 sledovaných vzorků je určena kritická hodnota koeficientu korelace 0,425 při hladině významnosti 0,005 a při hladině významnosti 0,010 je to pouze 0,393. Uvedené závislosti dokumentují společné působení fyzikálních parametrů a morfologie kůry na chemické parametry (obsah prvků v kůře).

5.2 Terénní průzkum výskytu epifytických mechorostů rodu

Orthotrichum

První část terénního výzkumu proběhla koncem srpna a začátkem září 2007 na transektních liniích J4 - J32, dále JZ4 - JZ16 a oblasti V4, Z8. Druhá část výzkumu proběhla začátkem září 2009 na zbylých transektních liniích. Výzkum byl prováděn celkem na 27 odběrových lokalitách, každá o ploše cca 1 km². Epifytické mechorosty druhu *Orthotrichum* byly nalezeny na 79 stromech. Všechny stromy patřily do skupiny listnatých stromů a jednalo se o druhy: *Acer platanoides*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Malus sp.*, *Salix sp.*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Populus nigra*. Druh s největší četností epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* byl *Fraxinus excelsior* (23 %). Druh s nejmenší četností výskytu epifytického mechorostu rodu *Orthotrichum* byl *Betula pendula*, v celé zájmové oblasti Ostravska se jednalo pouze o jeden strom.

Bylo nalezeno celkem 8 druhů epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*. Nalezené epifytické mechorosty spadají do kategorie obligátních epifytů. Byly nalezeny tyto druhy: *Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum speciosum*, *Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum obtusifolium*, *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum stamineum*, *Orthotrichum striatum*. Dále byl nalezen druh *Orthotrichum anomalum*, který není obligátní epifyt, protože jeho přirozeným stanovištěm, na kterém se vyskytuje, je skalní podloží nebo zdi. Spolu s *Orthotrichum* byl nalezen další druh obligátních epifytů, *Ulotrichum bruchi*. Tento epifytický mechorost je považován za ještě více sensitivní druh ke znečištění ovzduší různými polutanty než druhy *Orthotrichum*.

Pokud se v dané výzkumné oblasti na stromu vyskytoval epifytický mechorost druhu *Orthotrichum*, byl zaznamenán druh stromu, změřen obvod kmene a úhel sklonu kmene (pokud se vyskytoval). Byly zaznamenány GPS souřadnice (příloha číslo 6) a také stručný popis lokalizace stromu. Jednotlivé výzkumné oblasti s nalezenými druhy epifytického mechorostu rodu *Orthotrichum*, druh stromu, na kterém se epifyt vyskytoval, obvod a sklon kmene, lokalizace stromu, případný výskyt lišejníku je uveden v tabulce 5.19. Celkový výskyt nalezených druhů epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v závislosti na jednotlivých zkoumaných faktorech je uveden v diskusi v kapitole 6.

Tabulka 5.19: Výskyt epifytického mechorostu rodu *Orthotrichum*

OBLAST	Druh stromu	Kmen		Orientace na kmeni	Lokalizace stromu	Druh mechorostu
		úhel (°)	obvod(cm)			
V4	nic					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
V8	<i>Malus sp</i>	0	110	Z	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
JV4	<i>Malus sp.</i>	73	102	SV	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
JV8	<i>Salix sp</i>	0	112	SZ	KL,PO	<i>Orthotrichum affine</i>
	<i>Salix sp</i>	63	65	Z	KL,PO	<i>Orthotrichum speciosum</i>
	<i>Salix sp</i>	50	87	Z	KL,PO	<i>Orthotrichum affine</i>
JV16	<i>Aesculus hyppocastanum</i>	0	262	SZ	LZ,-PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Aesculus hyppocastanum</i>	0	250	Z	LZ,PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	<i>Malus sp</i>	0	85	Z	SA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum obtusifolium</i>
	<i>Malus sp</i>	0	105	Z	SA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum obtusifolium</i>
JV32	<i>Fraxinus excelsior</i>	0	160	SV	LZ,PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	85	SZ	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum affine</i>
						<i>Orthotrichum speciosum</i>
	<i>Aesculus hyppocastanum</i>	0	265	SZ	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum pumilum</i>

OBLAST	Druh stromu	Kmen		Orientace na kmeni	Lokalizace stromu	Druh mechorostu
		úhel (°)	obvod(cm)			
J4	nic bez druhu <i>Orthotrichum</i>					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
J8	<i>Salix sp.</i>	\	\	JZ	KL,PO	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Malus sp.</i>	\	\	Z	LZ,PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
J16	<i>Fraxinus excelsior</i>	\	\	JV	LZ,PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Aesculuc hyppocastanum</i>	\	\	JV	LZ,PC	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Malus sp.</i>	\	\	JSVZ	SA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum obtusifolium</i>
	<i>Populus nigra</i>	\	\	J	KL	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum speciosum</i>
						<i>Orthotrichum stramineum</i>
						<i>Orthotrichum obtusifolium</i>
J32	<i>Acer platanoides</i>	\	\	S	LZ,LC	<i>Orthotrichum affine</i>
						<i>Orthotrichum pallens</i>
						<i>Orthotrichum stramineum</i>
						<i>Orthotrichum speciosum</i>
						<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Ulota bruchi</i>
	<i>Fraxinus excelsior</i>	\	\	S	LZ,LC	<i>Orthotrichum striatum</i>
	<i>Aesculuc hyppocastanum</i>	\	\	S	KL-(u louky)	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
						<i>Orthotrichum pallens</i>
						<i>Orthotrichum speciosum</i>
						<i>Orthotrichum pumilum</i>

OBLAST	Druh stromu	Kmen		Orientace na kmeni	Lokalizace stromu	Druh mechorostu
		úhel (°)	obvod(cm)			
JZ4	bez druhu <i>Orthotrichum</i>					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
JZ8	bez druhu <i>Orthotrichum</i>					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
JZ16	<i>Fraxinus excelsior</i>	\	\	JZ	KL	<i>Orthotrichum pumilum</i>
JZ32	<i>Fraxinus excelsior</i>	77	133	J	KL(u silnice)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	<i>Fraxinus excelsior</i>	76	183	JV	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	<i>Fraxinus excelsior</i>	83	112	JZ	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
Z4	<i>Juglans regia</i>	69	96	S	RZ	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum anomalum</i>
	<i>Malus sp</i>	0	95	J		<i>Orthotrichum pumilum</i>
Z8	nic bez druhu <i>Orthotrichum</i>					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
Z16	<i>Fraxinus excelsior</i>	0	186	JZ	KL	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum pallens</i>
						<i>Orthotrichum anomalum</i>
Z32	<i>Betula pendula</i>	61	147	SZ	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
SZ4	<i>Juglans regia</i>	71	128	SV	KL	<i>Orthotrichum anomalum</i>
						<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum affine</i>
SZ8	<i>Acer platanoides</i>	78	183	S	SA,PA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	<i>Populus nigra</i>	80	223	JV	SA,PA	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	<i>Acer platanoides</i>	76	144	J	SA,PA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
SZ16	<i>Salix, Tilia, Fraxinus-nic</i>					bez výskytu druhu <i>Orthotrichum</i>
SZ32	<i>Tilia cordata</i>	0	132	S	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum affine</i>
	<i>Tilia cordata</i>	81	130	SV	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum affine</i>
	<i>Salix sp.</i>	71	235	S	LZ(u silnice)	<i>Orthotrichum diaphanum</i>

OBLAST	Druh stromu	Kmen		Orientace na kmeni	Lokalizace stromu	Druh mechorostu
		úhel (°)	obvod(cm)			
S4	Acer pseudoplatanus	81	196	S,SV	SO,PA	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	Acer pseudoplatanus	71	175	S,Z	SO,PA	<i>Orthotrichum affine</i>
						<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	Aesculus hyppocastanum	0	273	S,SV	SO,PA	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	Acer pseudoplatanus	74	236	S	SO,PA	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
						<i>Orthotrichum affine</i>
S8	Juglans regia	0	145	SZ,S	SO	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
S16	Juglans regia	76	200	SZ	LZ(u jezera)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
	Acer pseudoplatanus	0	197	JV	SO (u stattku)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
SV4	Malus sp.	0	90	S	LZ (parkoviště)	<i>Orthotrichum pumilum</i>
	Populus nigra	84	175	Z	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum anomalum</i>
SV8	Fraxinus excelsior	0	179	Z	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum affine</i>
	Fraxinus excelsior	0	177	Z	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum affine</i>
						<i>Orthotrichum diaphanum</i>
						<i>Orthotrichum pumilum</i>
	Juglans regia	69	205	S	LZ (u silnice)	<i>Orthotrichum diaphanum</i>
SV16	oblast mimo území ČR					
SV32	oblast mimo území ČR					
V16	oblast mimo území ČR					
V32	oblast mimo území ČR					
S32	oblast mimo území ČR					

LZ – liniová zeleň, RZ- rozptýlená zeleň, SO – soliter, SA- sad, PA- park, LC- luční cesta, PO-potok, \ - nabylo zkoumáno

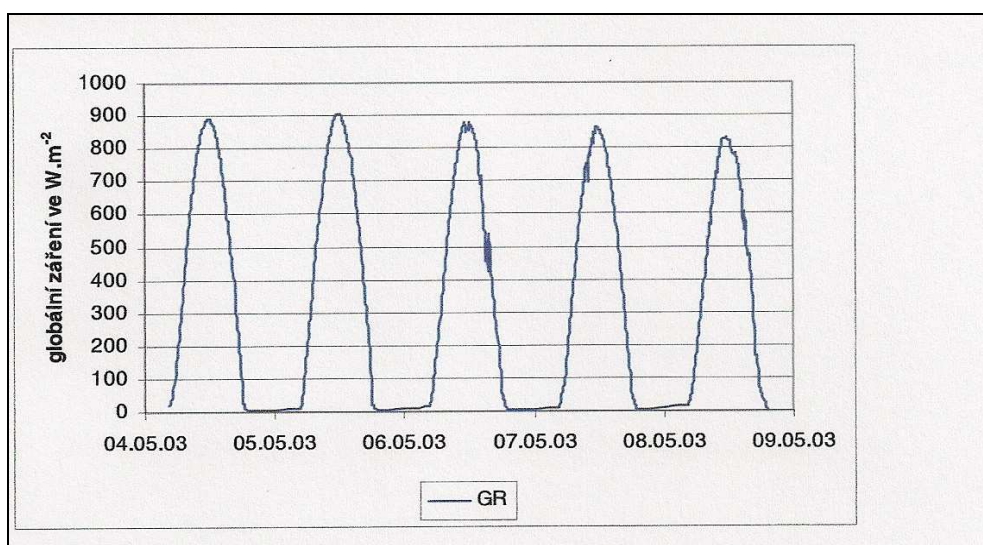
6 Diskuse

Některé organismy mohou více nebo méně specificky reagovat na různé úrovně znečištění prostředí. Citlivé organismy při zvýšené intenzitě znečištění jsou poškozovány, nebo hynou, akumulativní organismy mohou znečišťující látku hromadit ve svém těle bez známek poškození (Sucharová, Suchara, 2004). Sauer a Frahm (in Zechmeister et al., 2006) uvádí, že některé epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* jsou citlivé ke znečištění ovzduší a dají se využít k vypočtení indexu čistoty ovzduší (IAP), který vychází rozšíření daného druhu v zájmové oblasti. Dle Barkmanna (1958) však na výskyt epifytů může mít vliv řada faktorů (zejména světlo, atmosférická vlhkost, vodní kapacita kůry, biochemie kůry).

Výsledky jednotlivých zkoumaných environmentálních podmínek prostředí je důležité porovnat se samotným výskytem epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*, které se v dané oblasti vyskytovaly.

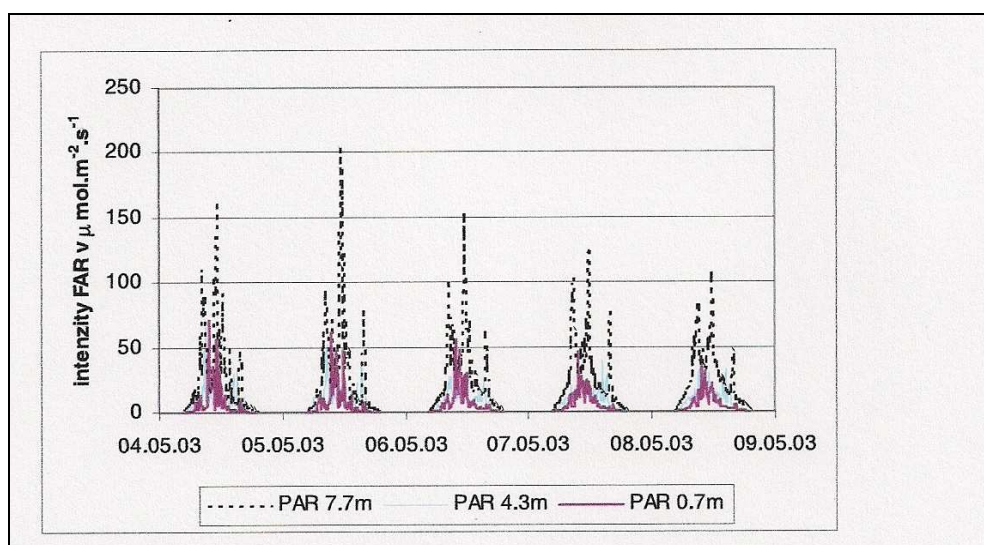
Světelné podmínky prostředí

Při stanovení světelných podmínek jsem vycházela z modelového měření, které bylo prováděno před samotným zahájením terénního průzkumu na Ostravsku. Při měření globálního záření za jasného dne (viz. obrázek 5.1, str. 42) se hodnoty shodovaly s výsledky Kamlerové (2009) (obrázek 6.1).



Obrázek 6.1: Denní chod globálního záření (GR) během jasných dnů května 2003 (Kamlerová, 2009)

Výsledky hodnot FAR v místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* (viz. obrázky 5.4-5.6, str. 44-45.) ukazují, že i za dne bez oblačnosti, dosahuje intenzita fotosynteticky aktivního záření hodnot přibližně shodných s hodnotami FAR naměřených v modelových dnech s převažující oblačností. Navíc porovnáme-li tyto hodnoty s hodnotami naměřenými uvnitř porostu, vidíme, že tyto hodnoty odpovídají hodnotám naměřeným 0,7 m nad zemí uvnitř dvacetipětiletého smrkového porostu (Kamerová, 2009) (obrázek 6.2). Toto je ve shodě se závěry Barkmanna (1958), tj., že v lese je stejná intenzita světla v den bez oblačnosti a v den s oblačností.



Obrázek 6.2: Denní chod intenzity FAR pronikající do porostu v různých výškách měření během jasných dnů května 2003 (Kamlerová, 2009)

Hodnoty intenzity FAR pronikajícího do výšky 0,7 m nad zemí smrkového porostu ($50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) přibližně odpovídají hodnotám naměřeným pod soliterním stromem ($40 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (viz.obrázek 5.3, str. 43). Na rozdíl od intenzity světla v lese, která s rostoucí výškou nad zemí se zvyšuje, u soliterních stromů se s rostoucí výškou intenzita světla snižuje. U soliterních stromů je také rozdílná intenzita světla na J a S straně kmenu (Barkmann, 1958). Ve většině případů byly epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* nalezeny hlavně na soliterních stromech, rozptýlené, nebo na liniové zeleni, popřípadě okrajových stromech lesa a to v přibližné výšce 1-1,5 m. Nemůžeme ale tvrdit, že ve větších výškách nad zemí (popřípadě v koruně stromů), kde jsou u soliterní nebo rozptýlené zeleně horší světelné podmínky než při zemi, se epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* nevyskytovaly, protože nebylo možné tuto část stromu (korunu a větve)

prozkoumat. Navíc, jak uvádí Frahm (2003), světlo není limitující faktor pro epifyty a to zejména u samostatně stojících stromů.

Nároky na dostupnost vody v prostředí

Jak bylo uvedeno v kapitole 2., epifytické mechorosty nedisponují řádným kořenovým systémem a veškerou vodu přijímají celým povrchem mechové rostlinky. Proto je pro ně důležité určité množství relativní atmosférické vlhkosti a dále schopnost substrátu akumulovat vodu. V místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* byla naměřena vlhkost vzduchu kolem 60 %. Skutečnost, že většina mechorostů se vyskytovala na S (SZ, nebo SV) orientované straně kmene, odpovídá faktu, že relativní vlhkost vzduchu je na S straně kmenu větší než na J straně kmenu (Barkmann, 1958), a proto i u soliterních stromů mohla být naměřena až 60 % vlhkost vzduchu. V případě, že se epifyt vyskytoval na J straně kmenu, byla tato strana vždy zastíněná jiným stromem (v případě rozptýlené zeleně), a nebo to byla strana směřující k lesu (součást okrajové lesní zeleně). Dle Barkmanna (1958) je relativní vlhkost závislá od množství srážek v dané oblasti a je silně ovlivněna reliéfem a okolní vegetací. Počet sezónních množství srážek a dešťových dnů je ale pro epifyty více důležité než celkové množství srážek během jedné přeháňky. Podíváme-li se na porovnání množství srážek v České republice a v Moravskoslezském kraji (viz. tabulka 2.2, str. 21), vidíme, že i v letních měsících je v oblasti Moravskoslezského kraje daleko větší množství srážek.

Ne jen atmosférická vlhkost, ale také vlhkost substrátu, vodní kapacita kůry může být pro epifyty důležitá. Kůra zachytí větší množství vody než povrch listů. Například jehlice *Pinus sylvestris* zachytí 0,104 mm v průběhu srážkové příhody a ve srovnání se zachycením vody větvemi a kmenem (0,64 mm) je tato hodnota velmi nízká (Lorens, Gallart, 2000). Vodní kapacita kůry může mít dopad na rozšíření a diverzitu epifytických mechorostů, hraje klíčovou roli v dostupnosti vody pro organismy žijící na kmeni stromu (http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3845/is_200601/ai_n17183717/pg_2?tag=artBody:col1).

Obsah vody v kůře značně klesá s výškou nad úrovní země a zhruba od 1,5 m je obsah konstantní. Také vliv orientace kmene stromu ke světovým stranám má vliv na obsah vody v kůře (obsah vody v kůře na severní straně stromu je větší než na jižní straně kmenu). Vše ale záleží na mikroklimatu dané oblasti, kdy větší saturace probíhá na straně vystavené nepříznivým podmínkám prostředí. Také se může vodní kapacita lišit se stářím stromu, kdy s věkem se vodní kapacita zvyšuje (Barkmann, 1958).

Je ale otázkou, jestli je pro epifyty důležité množství vody zachycené v kůře, anebo procentuální ztráta vody během 24 hodin. Pokud bychom brali v úvahu, že je pro epifyty důležité množství vody zadržené kůrou a vybírali druhy podle nejvyšší hodnoty vodní kapacity, pak by nejvhodnějšími stromy při obvodu 1 m byly *Malus sp.*, ($0,886 \text{ g/cm}^3$), *Picea abies*, ($0,858 \text{ g/cm}^3$). Dalšími vhodnými druhy stromu by byly *Fraxinus excelsior* a *Larix decidua*. Naopak druh *Juglans regia* podle nízkých hodnot vodní kapacity by pro epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* neměl vyhovovat (viz. obrázek 5.13, str. 52). Dle Vondráčka (1993) se ale epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* nevyskytují na stromech druhů *Picea abies*, *Larix decidua*, zato na *Juglans regia* se vyskytuje zcela běžně. V oblastech na Ostravsku epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* byly nalezeny na stromech *Juglans regia* a *Malus sp.*, přestože oba stromy mají velmi rozdílné hodnoty vodní kapacity. Na stromech druhu *Picea abies*, *Larix decidua* nebyly v oblasti Ostravska nalezeny.

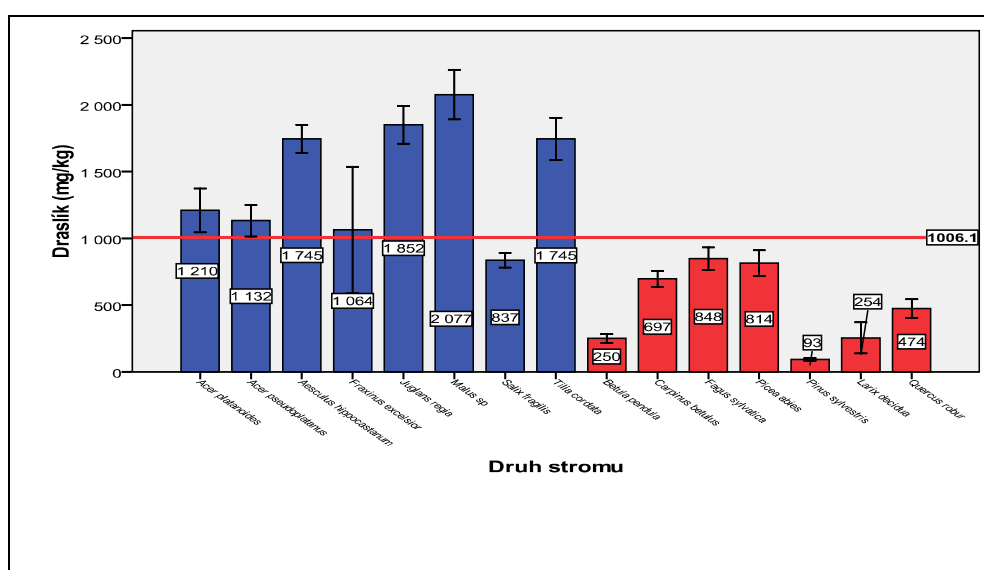
Pokud bychom za důležité pro epifyty brali schopnost kůry zadržet vodu po co nejdelší dobu a vybírali strom dle procentuální ztráty vlhkosti, tak nejvhodnějšími druhy by byly *Tilia cordata*, *Pinus sylvestris* a *Quercus robur* (viz. obrázek 5.14, str. 52). Dle Vondráčka (1993) se ale epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* na stromech druhu *Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris* ani *Quercus robur* nevyskytují, což jsou stromy, které by v těchto případech byly nejvhodnější. Pokud by další hledisko, rychlá ztráta vody kůrou a tím pádem zvětšení atmosférické vlhkosti v místě výskytu epifytického mechorostu, což by mohlo epifytum vyhovovat, potom by byly pro ně vhodné stromy, které rychle ztrácejí vodu *Fagus sylvatica*, *Salix fragilis* a *Betula pendula*, (viz. obrázek 5.14, na straně 52). Ale *Fagus sylvatica* nepatří dle Vondráčka (1993) mezi typické hostitelské dřeviny epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* a na stromu *Betula pendula* se vyskytují pouze v omezené míře. Také v oblasti Ostravska nebyly epifyty nalezeny na stromech *Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* a *Fagus sylvatica* a na stromě *Betula pendula* se epifyt *Orthotrichum diaphanum* vyskytoval pouze v jednom jediném případě. Ačkoliv Callaway et al. (2002) uvádí, že vodní kapacita kůry je pro epifyty významným parametrem, výsledky práce ukazují, že pro výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* není vodní kapacita kůry limitující faktor z hlediska hostitelských preferencí.

Chemické podmínky porostředí

Dle Barkmanna (1958) má velký význam pro epifyty obsah prvků (základních živin) v kůře. Abychom mohli s přesností říci, že pro konkrétní druh stromu je dané chemické složení kůry typické, musel by výzkum chemického složení kůry probíhat v daleko větším měřítku a vycházet z většího množství analyzovaných vzorků, než probíhalo při výzkumu kůry v pozadových oblastech. Účelem zjištění přirozeného chemického složení kůry pro daný druh stromu bylo v tomto případě, z hlediska výběru hostitelských dřevin epifytickými mechorosty rodu *Orthotrichum* pouze orientační. Přestože v některých případech byly u některých prvků pro konkrétní druh stromu značné rozptyly hodnot, ve většině případů se základní elementy ve všech pozadových oblastech pro daný druh stromu shodovaly. Díky tomu můžeme alespoň přibližně stanovit chemické složení kůry a tedy hostitelské preference epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* vzhledem k substrátu, ke kterému jsou přichyceni.

Z terénního výzkumu na Ostravsku a dle Vondráčka (1993) víme, že epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* se vyskytují převážně na listnatých druzích dřevin. Na Ostravsku byly epifytické mechorosty nalezeny na stromech druhu *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Malus sp.*, *Salix sp.*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Populus nigra*. Srovnáme-li obsahy základních makrobiogenních prvků v kůře stromu konkrétních druhů z pozadových oblastí a z Ostravska, zjistíme, že ve většině případů se hodnoty obsahu těchto prvků shodují, z čehož můžeme usoudit, že obsah základních živin v kůře je pro konkrétní druh stromu typický (viz. tabulka 5.10 na straně 68). Porovnáním hodnot obsahů základních makrobiogenních prvků u stromů, na kterých se *Orthotrichum* vyskytují a na kterých se nevyskytují (příloha číslo 5), byly stanoveny prvky, které by mohly být určující z hlediska preferencí *Orthotrichum* na substrát (kůru). Celkový obsah fosforu je jedním z možných parametrů, který koreluje také s hodnotou konduktivity (viz. obrázek 5.21 na straně 65). Dalším parametrem jsou hodnoty pH, z kterých vyplývá, že rodu *Orthotrichum* příliš nesvědčí jako substrát, ke kterému jsou přichyceni, kyselá povaha kůry některých druhů dřevin (*Quercus robur*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*). Hodnoty pH kůry stromů jsou v souladu s hodnotami jak uvádí literatura (Barkmann, 1958, Poikolainen, 2004, Davies et al. 2007). Možná ale jediným makrobiogenním prvkem, který se zdá být limitující z hlediska výběru hostitelských dřevin *Orthotrichum*, je obsah draslíku v kůře. Téměř všechny stromy, na kterých se *Orthotrichum* vyskytují, mají výrazně větší obsah draslíku v kůře, než stromy, u kterých víme, že se na nich *Orthotrichum* nevyskytují.

(obrázek 6.3). Modře jsou vyznačeny stromy, na kterých se *Orthotricha* vyskytují, červeně jsou vyznačeny stromy, na nichž se *Orthotricha* nevyskytují. Obsah draslíku v kůře stromů z Ostravska, na kterých se vyskytovaly epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum*, bohužel nebylo možné porovnat s obsahem draslíku z pozadřových oblastí, a to z důvodu malého množství odebrané kůry v jednotlivých výzkumných oblastech na Ostravsku.



Obrázek 6.3: Obsah draslíku v kůře stromů v pozadřových oblastech

Podíváme-li se na obsah základních makrobiogenních prvků v kůře u druhů, na kterých se *Orthotricha* vyskytují, zjistíme, že rod *Orthotrichum* má širokou ekologickou valenci, co se týká základních živin v substrátu, ke kterému jsou přichyceni.

Na Ostravsku bylo nalezeno 8 druhů epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*. V tabulce 6.1 jsou uvedeny nalezené druhy spolu se stromy, na kterých se daný druh vyskytoval. V tabulce je uveden také druh *Orthotrichum anomalum*, který nepatří mezi obligátní epifyty, protože jeho přirozeným stanovištěm jsou skály a zdi. Příležitostně se ovšem může vyskytovat na borci kmene stromu, a to především v městském prostředí, kde se na kůře stromu usazuje vrstva prachových částic z okolí, což nahrazuje tomuto druhu jeho původní přirozené stanoviště. Dále je v tabulce uveden druh *Ulotrichum bruchii*, tento epifytický mechorost nepatří do rodu *Orthotrichum*, nicméně se jedná o druh regionálně

významný s malým počtem stanovišť (Plášek, Filipová, 2007). Z nalezených druhů *Orthotrich* měl největší počet hostitelských dřevin druh *Orthotrichum diaphanum* a *Orthotrichum pumilum* (8 druhů stromů), *Orthotrichum affine* a *Orthotrichum speciosum* (6 a 5 druhů stromů). V tabulce 6.2 jsou uvedeny nalezené druhy mechorostů rodu *Orthotrichum* a druh *Ulotrichum bruchii* s přibližnými nároky na obsah základních makrobiogenních prvků v kůře (substrátu), v závislosti na druzích stromů, na kterém se vyskytovaly. Použité hodnoty obsahů makrobiogenních prvků jsou ze stromů, jež se v oblasti Ostravska vyskytovaly (viz. tabulka 5.10 na straně 68).

Tabulka 6.1: Nalezené druhy rodu *Orthotrichum* a hostitelské dřeviny, na kterých se vyskytovaly

<i>Druh Orthotrichum</i>	<i>Druh stromu</i>			
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	<i>Salix sp</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
	<i>Juglans regia</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Acer platanoides</i>	
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid.	<i>Salix sp.</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Aesculus hyppocastanum</i>
	<i>Juglans regia</i>	<i>Malus sp</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Betula pendula</i>
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	<i>Malus sp</i>			
	<i>Populus nigra</i>			
<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid.	<i>Acer platanoides</i>			
	<i>Fraxinus excelsior</i>			
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw.ex Anon	<i>Salix sp.</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Aesculus hyppocastanum</i>
	<i>Juglans regia</i>	<i>Malus sp</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Populus nigra</i>
<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees	<i>Salix sp</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Aesculuc hyppocastanum</i>	
	<i>Populus nigra</i>	<i>Acer platanoides</i>		
<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	<i>Populus nigra</i>			
	<i>Acer platanoides</i>			
<i>Orthotrichum striatum</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>			
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	<i>Juglans regia</i>			
	<i>Fraxinus excelsior</i>			
<i>Ulota bruchii</i>	<i>Acer platanoides</i>			

Tabulka 6.2: Nalezené druhy rodu *Orthotrichum* a druh *Ulota bruchii* a hodnoty makrobiogenních prvků kůry hostitelské dřeviny, na kterých se v oblasti Ostravska vyskytovaly

Druh mechorostu	DOC (mg/kg)	P (mg/kg)	N (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	pH
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	332,89 - 3450,19	16,54 - 185,93	89,66 - 203,41	144,94 - 739,27	27,40 - 133,76	4,90 - 6,28
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid.	332,89 - 3450,19	16,54 - 232,07	12,34 - 142,31	59,33 - 739,27	27,40 - 133,76	5,05 - 6,31
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	823,961 - 1208,37	113,39 - 232,07	12,34 - 74,08	304,62 - 663,182	54,29 - 108,30	5,49 - 6,31
<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid.	1208,37 - 3450,19	102,3 - 185,93	89,66 - 117,74	144,95 - 357,054	77,3 - 133,76	5,09 - 5,97
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw.ex Anon	332,892 - 3450,19	16,54 - 232,07	12,34 - 142,31	144,95 - 663,182	27,40 - 108,30	5,05 - 6,31
<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees	332,89 - 1414,77	16,54 - 174,75	74,08 - 142,31	304,62 - 357,054	36,74 - 108,30	5,05 - 6,28
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	1208,37 - 3450,19	87,61 - 185,93	89,66 - 107,54	144,94 - 739,27	27,40 - 133,76	5,09 - 6,28
<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	-	-	-	-	-	-
<i>Orthotrichum striatum</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ulota bruchii</i>	-	-	-	-	-	-

Zjištění citlivosti jednotlivých druhů epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* na základě obsahu těžkých kovů v kůře stromů, na kterém se daný druh vyskytuje, vychází z poznatků, že kůra sama o sobě může být bioindikátorem znečištění ovzduší různými polutanty a reflektovat tak znečištění ovzduší v zájmové oblasti (Staxäng, 1969, Poikolainen, 1997, Harju et al., 2002, Santitoro et al., 2004, Mitchell et al., 2005, Chi-Leung So et al., 2006, Larsen et al. 2006, Reimann et al., 2007).

Stanovený obsah těžkých kovů v kůře stromů na Ostravsku byl mnohonásobně vyšší než obsah těžkých kovů v kůře v pozadíových oblastech (viz. tabulka 5.13, str. 70). Podobné výsledky také uvádí například Harju et al. (2002), který se ve své práci zabývá monitoringem těžkých kovů v kůře druhu *Pinus sylvestris*, kdy hodnoty obsahů těžkých kovů v kůře v oblasti postižené těžbou zinku jsou pětikrát vyšší než v oblasti s relativně čistým prostředím.

Tabulka 6.3 znázorňuje jednotlivé druhy epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* a hodnoty intervalů těžkých kovů v kůře stromů, na kterých se dané druhy *Orthotrichum* ve výzkumných oblastech Ostravska vyskytovaly. Pro stanovení citlivosti jednotlivých druhů rodu *Orthotrichum* je důležitější horní hranice intervalu, což znamená maximální hodnoty obsahu těžkých kovů v kůře, za kterých se dané druhy vyskytovaly. Z této tabulky vyplývá, že některé druhy jsou více odolné k rizikovým prvkům (v tomto případě hlavně toxickým látkám v kůře hostitelských stromů, která ale na druhou stranu může velmi dobře reflektovat imisní zátěž ovzduší v dané oblasti). Mezi druhy odolné bychom mohli tedy zařadit *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum anomalum*. Druh *Orthotrichum diaphanum* se vyskytoval na 13 výzkumných lokalitách z celkového počtu 27 odběrových oblastí, patří tedy k nejvíce rozšířeným druhům z rodu *Orthotrichum* v daném území. Druh *Orthotrichum affine* se vyskytoval v 7 výzkumných lokalitách a *Orthotrichum anomalum* se vyskytoval v 4 výzkumných lokalitách na Ostravsku. K podobným závěrům dospěli také Sauer a Frahm in Zechmeister, Hohenwallner (2006), kteří hodnotí oba druhy *O. diaphanum*, *O. affine* jako druhy odolné při zhoršené kvalitě ovzduší. V práci Zechmeister, Hohenwallner (2006) druh *O. anomalum* není zmiňován, a tedy nebyl autory hodnocen. Dle výsledků terénního šetření a chemické analýzy ovšem můžeme *O. anomalum* považovat za druh, který patří mezi druhy odolné ke znečištění ovzduší.

Tabulka 6.3: Nalezené druhy rodu *Orthotrichum* a druh *Ulota bruchii* a hodnoty intervalů těžkých kovů v kůře stromů na kterých se dané druhy ve výzkumných oblastech Ostravska vyskytovaly

Druh stromu	Pb(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Ni(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Cr(mg/kg)	As(mg/kg)	Hg(mg/kg)
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid.	5,89 - 62,71	0,64 - 3,27	6,01 - 17,87	22,43 - 200,59	0,90 - 5,18	165,98 - 1705,26	19,40 - 303,30	19,4 - 134	4,10	0,5 - 1,8
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	16,96 - 45,12	0,64 - 2,52	6,01 - 11,18	22,43 - 77,51	1,48 - 5,18	165,98 - 814,16	19,40 - 136,34	19,4 - 51,8	< 3 - 4,1	0,9 - 1,7
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	3,01 - 45,12	1,08 - 2,52	7,24 - 18,53	16,57 - 87,03	0,65 - 4,77	155,85 - 1104,85	21,54 - 303,30	9,95 - 42,25	4,1 - 6,3	< 0,5 - 0,7
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw.ex Anon	3,01 - 62,71	0,64 - 3,27	6,01 - 18,53	16,57 - 200,59	0,65 - 4,77	155,85 - 1483,75	19,40 - 303,30	9,95 - 120,1	4,1 - 12,2	0,5 - 1,8
<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees	16,62 - 28,87	1,07 - 4,34	5,56 - 6,12	41,20 - 190,57	1,48 - 2,62	217,51 - 483,79	104,51 - 110,88	14,47 - 42,25	< 5	0,60
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	32,59	2,18	10,23	36,43	1,37	327,29	51,17	20,56	< 4	0,90
<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid.	3,01	1,08	10,23	16,57	0,65	233,80	21,54	16,40	< 3	0,60
<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.										
<i>Orthotrichum striatum</i>										
<i>Ulota bruchii</i>	20,20	1,23	18,00	101,19	2,56	1172,57	70,34	99,80	22,40	0,90
SZ16										

Z výsledku terénního šetření a obsahu rizikových prvků v kůře stromů, na kterých se *Orthotricha* vyskytovaly, vyplývá, že také druh *O. pumilum* můžeme řadit mezi toxitolerantní druhy, což se také shoduje s výsledky Sauera (in Zechmeister, Hohenwallner, 2006), který řadí tento druh mezi odolné vůči znečištění ovzduší. Jiný autor Frahm (in Zechmeister, Hohenwallner, 2006) ale hodnotí tento druh rodu *Orthotrichum* z hlediska indexu IAP jako druh citlivý. Jako sensitivní druh epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* můžeme dle mnou dosažených výsledků a dle výsledků Sauer a Frahm (in Zechmeister, Hohenwallner, 2006) považovat druh *O. speciosum*. Druhy *O. obtusifolium* a *O. pallens* nemůžeme tak jednoduše zařadit mezi toxitolerantní, nebo toxisensitivní, protože jejich výskyt byl pouze ve dvou oblastech, z toho v jedné neproběhlo odebrání vzorků kůry k chemické analýze. Přesto v oblasti, kde se nacházely, byly hodnoty obsahů těžkých kovů v kůře nízké. V oblasti SZ16 nebyl rod *Orthotrichum* vůbec nalezen a byly zde odebrány pouze vzorky kůry. Z tabulky 6.3 vyplývá, že možným limitujícím prvkem, který způsobil absenci rodu *Orthotrichum* v této lokalitě, je vysoká hodnota obsahu arsenu v kůře stromů (22,4 mg/kg).

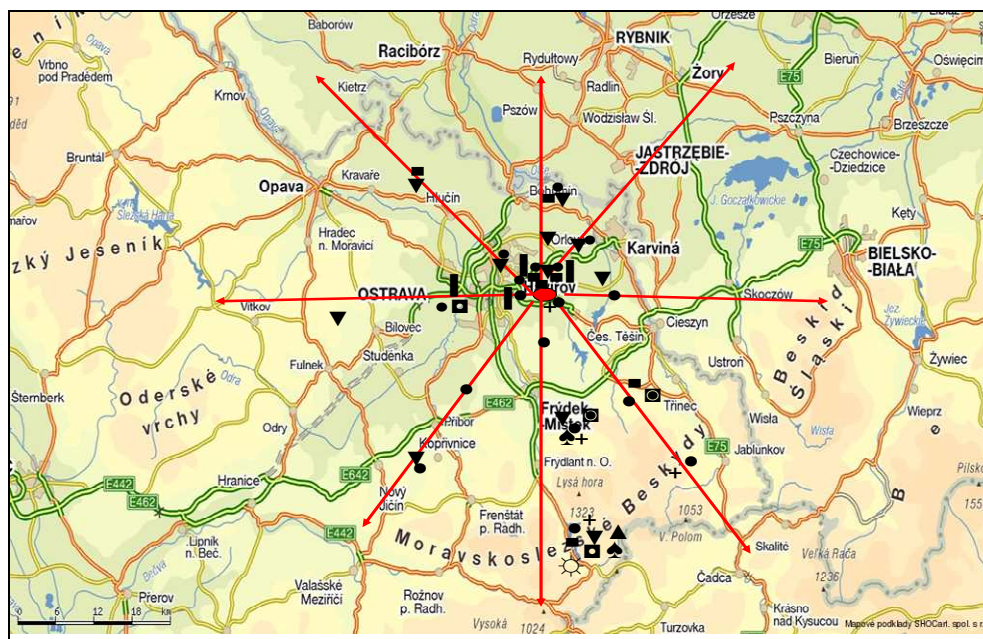
U druhů *O. stramineum*, *O. striatum* a *Ulotia bruchii* nemohly být stanoveny nároky na živiny v substrátu (kůry hostitelských dřevin) (tabulka 6.2) a nebylo u těchto druhů možné ani určit intervaly obsahu těžkých kovů v kůře stromů v oblasti, kde se vyskytovaly (tabulka 6.3), protože byly nalezeny na transektní linii J a JZ, ve kterých z technických důvodů neprobíhal odběr vzorků kůry dřevin. Z tohoto pohledu se bohužel jedná o ztrátu cenných poznatků, především z důvodů, že se tyto druhy vyskytují v omezené míře (*O. stramineum* – 2 výzkumné oblasti J16 a J32, *O. striatum* a *Ulotia bruchii* – 1 výzkumná oblast J32) a navíc dle Sauera a Frahma (in Zechmeister, Hohenwallner, 2006) patří druh *O. stramineum* mezi druhy citlivé na znečištění ovzduší. Dále by bylo určité zajímavé srovnání biochemického složení kůry z oblasti J32, která se nachází na území Beskyd, a to už z toho důvodu, že jak bylo uvedeno v tabulce 5.3 (strana 57), hodnoty podkorunových srážek v monitorovací oblasti Červík ukazují velkou depozici síranů.

Ve vztahu k imisní zátěži, která byla odvozena právě z obsahu rizikových prvků v kůře stromů, můžeme říci, že některé druhy rodu *Orthotrichum* jsou toxitolerantní k obsahu těžkých kovů v ovzduší, což vyplývá také z tabulky 6.4.

Tabulka 6.4: Výzkumné oblasti s celkovou sumou obsahu rizikových látek (RL) v kůře stromů a s nalezenými druhy r. *Orthotrichum*

Odběrová lokalita		Σ RL(mg/kg)	Nalezené druhy mechorostů rodu <i>Orthotrichum</i>
JV4	Horní Těrlicko	262,74	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i>
Z16	St. Bělá	303,88	<i>O.pumilum</i> , <i>O. pallens</i> , <i>O.anomalum</i>
Z4	Obec Šimška	396,23	<i>O.pumilum</i> , <i>O.anomalum</i>
SV8	Stonava	438,06	<i>O.diafanum</i>
JV16	Rakovec	479,35	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i> , <i>O. obtusifolium</i> , <i>O. affine</i>
JZ32	Libhošťská Hůrka	503,86	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i>
JV8	Obec Zádky	574,94	<i>O.pumilum</i> , <i>O. affine</i> , <i>O. speciosum</i>
JV32	Milíkov- Pod Lesy	698,20	<i>O.pumilum</i> , <i>O. speciosum</i>
SZ4	Pažgovský les	938,78	<i>O.pumilum</i> , <i>O.anomalum</i> <i>O. affine</i>
S8	Orlová - Poruba	1013,97	<i>O.diafanum</i>
S4	Prostřední Suchá	1017,58	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i> , <i>O. affine</i>
SZ32	Borová	1129,17	<i>O.diafanum</i> , <i>O. affine</i>
S16	Dolní Lutyně	1198,34	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i>
V8	Chotěbuz	1272,81	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i>
SV4	Kouty, Albrechtice	1351,93	<i>O.pumilum</i> , <i>O.anomalum</i>
SZ16	Landek-okolí Odry	1509,18	bez nálezů r. <i>Orthotrichum</i>
SZ8	Radvanice	2075,46	<i>O.pumilum</i> , <i>O.diafanum</i>
Z32	Stará Ves u Bílovce	2198,63	<i>O.diafanum</i>

Jednotlivé druhy epifytických mechorostů jsou vyznačeny na jednotlivých transektních liniích v mapě výzkumné oblasti Ostravska (obrázek 6.4). Pro lepší orientaci v mapě byly jednotlivým druhům epifytů přiřazeny dané znaky, které jsou uvedeny v tabulce 6.5.



Obrázek 6.4: Mapa s vyznačeným výskytem epifytických mechorostů

Tabulka 6.5: Vysvětlivky znaků k obrázku 6.4

<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	■	<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw.ex Anon	●
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	▬	<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees	+
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid.	▼	<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	♠
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	◉	<i>Orthotrichum striatum</i>	▲
<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid.	◼	<i>Uloa bruchii</i>	☼

Ostatní podmínky prostředí

Z hlediska morfologie kůry a výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*, bylo zjištěno, že *Orthotricha* dávají přednost starším druhům stromů s průměrným obvodem kmene 161 cm. Hloubka zářezů se pohybovala mezi 0,237 – 1,612mm. Daleko větší vztahy a závislosti však byly nalezeny mezi hloubkou zářezů a hodnotou vodní kapacity, nebo zachytem prachových částic na povrchu kůry, než mezi samotným výskytem konkrétních druhů. Snad můžeme usuzovat, že mechorosty potřebují spíše drsnější kůru než hladší a to především k zachycení a následnému klíčení spor, proto se ve většině případů nacházejí na starších stromech s větším počtem zářezů.

Při sledování úhlu sklonu kmene stromu bylo zjištěno, že druh *O. anomalum* se vyskytoval z 75 % na stromech s nakloněným kmenem stromu, *O. diafanum* se vyskytoval z 63 % na stromech s nakloněným kmenem, *O. affine* se vyskytoval z 50 % na stromech s nakloněným kmenem, *O. pumilum* se vyskytoval z 37 % na stromech s nakloněným kmenem. Ve všech případech se úhel kmene pohyboval maximálně do 50°. Druh *O. speciosum* se vyskytoval na nakloněném kmenu stromu pouze v jednom případě. Ostatní druhy byly nalezeny na stromech bez náklonu kmene stromu. Z tohoto také můžeme usuzovat, že na stromech s rovným kmenem stéká voda rychleji a může tak docházet k většímu oplachu zachycených prachových částic z povrchu kůry. Tím se kmen může stát „čistší“ z hlediska usazených polutantů. Takový kmen pak může být vhodnější pro toxisensitivní druhy. Naopak sklon kmene stromu může ovlivňovat zpomalení toku vody po kmeni a tím pádem místo spláchnutí škodlivin z povrchu kůry, může být prodloužena doba nutná pro adsorpci, což může mít pro epifyty velký význam. To může také vést k tomu, že na stromech s nakloněným kmenem byly nalezeny spíše toxitolerantní druhy.

7 Závěr

V oblasti ostravské aglomerace bylo nalezeno 8 epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* (*Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum speciosum*, *Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum obtusifolium*, *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum stamineum*, *Orthotrichum striatum*). Dále byl nalezen druh, který patří k fakultativním epifytickým mechorostům. Jeho přirozeným stanovištěm je skalní podloží a různé typy betonových nebo cihlových zdí. Jedná se o *Orthotrichum anomalum*, který se také obvykle vyskytuje na kůře stromů právě v městském prostředí, kde často dochází k zaprášení povrchu kůry prachem z okolí, což tomuto druhu může nahrazovat jeho původní substrát, ke kterému se přichycuje (skály, zdi). Kromě epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* byl dále nalezen také obligátní epifytický mechorost *Ulotrichum bruchii*, který patří mezi regionálně významné epifytické mechorosty. Jednotlivé druhy epifytických mechorostů jsou vyznačeny v mapě na straně 102, obrázek 6.4.

Byly určeny environmentální podmínky a faktory, které mohou ovlivnit výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*. Environmentální podmínky zahrnují faktory vnitřního prostředí (borka a její fyzikálně-chemické vlastnosti) a vnější prostředí (kvalitativní znaky znečištění ovzduší, klimatické podmínky, vliv slunečního záření, úhel sklonu kmene stromu a morfologie kůry).

Bylo zjištěno:

- Epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* dávají přednost místům, která nejsou vystavena přímým účinkům slunečního záření, což vyplývá z naměřených hodnot intenzity FAR. Z celkového množství nalezených stanovišť s výskytem epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* bylo 62 % orientováno na SZ, S, SV. U dalších 16 % byla orientace na Z a zbylých 22 % na JV, J, JZ. Z toho na čistý J 7 %. Navíc většinou jižně orientované kmeny stromu zároveň směřovaly buď k lesu (stromy na okraji lesa) a nebo byla tato jižní strana stromu zastíněna jinými stromy. Orientace ne světové strany a zároveň častý zástín kmene samotnou korunou stromu vysvětluje nízké hodnoty FAR v místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum*.

- Atmosférická vlhkost v místě výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* v konkrétních lokalitách se pohybovala v průměru kolem 60 % (57,9 % ± 8,8 SD). Vzhledem ke světelným podmínkám a k relativní atmosférické vlhkosti je pro epifyty

příznivější severně (S, SZ, SV) orientovaná strana kmene a to především u solitérních stromů.

- Z hlediska morfologie kůry a výskytu epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* bylo zjištěno, že *Orthotricha* dávají přednost straším druhům stromů s průměrným obvodem kmene 161 cm. Hloubka zářezů se pohybovala mezi 0,237-1,612 mm. Mechorostry potřebují spíše drsnější kůru než hladší a to především k zachycení a následnému klíčení spor, proto se ve většině případů nacházejí na starších stromech s větším počtem zářezů.

- Sklon kmene stromu může mít vliv zejména na zpomalení toku vody po kmeni a tím pádem místo spláchnutí škodlivin z povrchu kůry může být prodloužena doba nutná pro adsorpci, což může mít pro epifyty velký význam, což se projevilo v tom, že na stromech s nakloněným kmenem byly nalezeny spíše toxitolerantní druhy.

- Byla stanovena vodní kapacita kůry pro druhy stromů, na kterých se epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* vyskytovaly, a pro stromy, u kterých víme, že se na nich rod *Orthotrichum* nevyskytuje. Z výsledků práce vyplývá, že pro výskyt epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* není vodní kapacita kůry limitujícím faktorem z hlediska jejich hostitelských preferencí na konkrétní druh stromu.

- Z hlediska obsahu základních makrobiogenních prvků v kůře u druhů stromů, na kterých se *Orthotricha* vyskytují, zjistíme, že rod *Orthotrichum* má širokou ekologickou valenci co se týká nároků na základní živiny v substrátu, ke kterému jsou přichyceny. Jediným makrobiogenním prvkem, který se zdá být tedy limitující z hlediska výběru hostitelských dřevin *Orthotrichy*, je obsah draslíku v kůře. Dalším parametrem, který by mohl vést k vysvětlení, proč *Orthotricha* dávají přednost daným druhům stromů jsou hodnoty pH, ze kterých vyplývá, že epifytickým mechorostům rodu *Orthotrichum* příliš nesvědčí jako substrát, ke kterému jsou přichyceny, kyselá povaha kůry některých druhů dřevin (*Qeucus robur*, *Larix decidua*, *Picea abies* a *Pinus sylvestris*).

- Byly stanoveny obsahy těžkých kovů v kůře stromů, na kterých se epifytické mechorosty rodu *Orthotrichum* v oblasti Ostravska vyskytovaly. Vzhledem ke schopnosti kůry zachytit velké množství různých polutantů z ovzduší vlivem suché a mokré depozice, patří kůra mezi bioindikátory znečištění ovzduší a může tak reflektovat znečištění ovzduší v zájmové oblasti. Při stanovení citlivosti jednotlivých druhů rodu *Orthotrichum* se vycházelo právě z obsahu těžkých kovů v kůře, na které se dané druhy vyskytovaly. Ukázalo se, že nemůžeme říci o celém rodu *Orthotrichum*, že je citlivý ke znečištění

ovzduší. Ve vztahu k imisní zátěži, která byla odvozena právě z obsahu rizikových prvků v kůře stromů, můžeme říci, že některé druhy rodu *Orthotrichum* jsou toxitolerantní k rizikovým prvkům v ovzduší. Toxitoleraní druhy k látkám znečišťující ovzduší jsou *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum anomalum*. Všechny tyto druhy byly nalezeny také v oblastech, kde celková suma těžkých kovů v kůře byla větší než 900 mg/kg (tabulka 6.4 na straně 101). Navíc druhy *O.pumilum* a *O.diaphanum* byly nalezeny také v Radvanicích (SZ8 od města Havířov), kde je prokazatelně nejvyšší imisní depozice na Ostravsku způsobená Mittal Steel Ostrava a.s. Tyto druhy nemohou být tedy využívány jako bioindikátory ke znečištění ovzduší.

- Jako toxisensitivní druhy epifytických mechorostů rodu *Orthotrichum* můžeme považovat druhy *O. speciosum*, *O. pallens*, *O.obtusifolium* a mohou být využity jako bioindikační organismy. Všechny tyto druhy byly nalezeny v oblastech kde celková suma těžkých kovů v kůře byla menší než 700mg/kg. Nemůžeme ale říci, že pokud se tyto druhy toxisensitivních mechorostů nevyskytují, že se jedná o lokalitu s vyšší depoziční zátěží, protože nepřítomnost těchto druhů může být způsobena například tím, že zde zatím neproběhla kolonizace spor těchto druhů.

Přestože byly stanoveny obsahy těžkých kovů v kůře stromů v konkrétních lokalitách s výskytem epifytického mechorostu rodu *Orthotrichum*, nemůžeme s přesností určit hodnoty obsahu toxických látek v ovzduší při kterých jsou dané druhy toxitolerantní a při jakých hodnotách jsou již toxisensitivní, a to z důvodů, že se vycházelo především z pasivní bioindikace, kdy se při výzkumu spoléhá na výskyt, nebo naopak absenci daného druhu na stanovišti. V tomto případě bych pro další přesné stanovení citlivosti některých druhů rodu *Orthotrichum* navrhovala laboratorní metodu přímého působení předem stanoveného množství polutantů na daný druh.

Literatura

BARKMANN, J.J. *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Assen: Van Gorcum, 1958, pp.57-123.

BRUŠTÍK, M., MACHÁČ, M., KLVAČ, R. Znečišťování ovzduší a činnost krajského úřadu Moravskoslezského kraje. *Ochrana ovzduší*. 2008, vol. 21 (40), no. 5-6, s. 19-21.

CALLAWAY, R., REINHART, K. O., MOORE, D. J., PENNINGS, S. C. Epiphyte host preferences and host traits: mechanisms for species-specific interactions. *Oecologia*. 2002, vol. 132, s. 221-230.

DAVIES, L., BATES, J.W., BELL, J. N .B., JAMES, P. W., PURVIS, O.W. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*. 2007, vol.146, s. 299-310.

DAVIS, D. D., McCLENAHEN, J.R., HUTNIK, R. Use of an epiphytic moss to biomonitor pollutant levels in southwestern Pennsylvania. *Northeastern Naturalist*. 2001, vol. 8, no. 4, s. 379-392.

FALLA, J., et. al. Biological air quality monitoring: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2000, vol. 64, s. 627-644.

FRAHM, J.P. Climatic habitat differences of epiphytic lichens and bryophytes. *Cryptogamie, Bryologie*. 2003, vol. 24, no. 1, s. 3-14.

FOTT, J., VOKIC, J., ROSE, N.L. The spatial distribution of characterized fly-ash particles and trace metals in lake sediments and catchment mosses: Czech republic. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1998, vol. 106, s. 241-261.

GAUSS, M., NYÍRI, Á., KLEIN, H. *Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM*. Norwegian Meteorological Institute, 2008, 26s., ISSN 1890-0003.

GILBERT, O. L., Bryophytes as indicators of air pollution in the tyne valley. *New Phytol.* 1968, vol. 67, s. 15-30.

GEEBELEN, W., HOFFMANN, M. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO₂ – pollution parameters. *Lichenologist*. 2001, vol. 33, no. 3, s. 249-260.

HAPALA, P., et. al. *Analýza kvality ovzduší na území města Ostravy a legislativa v ochraně ovzduší*, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 2009)

HARJU, L., et al. Environmental monitoring of trace elements in bark of Scots pine by thick – target PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Reasearch* . 2002, vol. 189, s. 163-167.

HAVRLANT, M., BUZEK, L. *Geografická charakteristika Okresu F-M, Karviná, Příborska a horního Pokysucí*. Ostrava: Pedagogická fakulta v Ostravě, 1980

CHAKRABORTTY, S., PARATKAR, G. T. Biomonitoring of trace element air pollution using mosses. *Aerosol and Air Quality Research*. 2006, vol. 6, no. 3, s. 247-258.

KOCOUREK, V., HAJŠLOVÁ, J., TOMANIOVÁ, M. *Přehled imisní zátěže agrárního ekosystému vybranými prioritními organickými polutanty*, Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2003.

KŘÍŽ, V. Ekologické činnosti významných průmyslových podniků Ostravsko - Karvinské aglomerace. In *Sborník prací z 6. konference nadace Beskydy*, Ostrava: Ostravská univerzita, 1998. s. 83-84. ISBN 80-7042-761-2.

LARSEN, R. et. al. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. *Environmental Pollution*. 2006, vol.146, s. 332-340.

LEVIA, D. F., HERWITZ S. R. Interspecific variation of bark water storage capacity of deciduous tree species in relation to stemflow yield an solute flux to forest soils. *Cetena*, 2005, no. 64, s. 117-137.

LI- COR Terrestrial Radiation Senzore, Instrction manual, LI-COR: 2005

LLORENS, P., GALLART, F. A simplified method for forest water storage capacity measurement. *Journal of Hydrology*. 2000, vol. 240, s. 131-144.

MACHÁLEK, P. Moravskoslezský kraj – problematika emisí. *Ochrana ovzduší*. 2008, vol. 21 (40), no. 5-6, s. 4-7.

MIŠTERA, L., BAŠOVSKÝ, O., DEMEK, J. *Geografie Československé socialistické republiky*. Praha: SPN, 1985. 385 s.

MITCHELL, R. J., et. al study of the epiphytic communities of Atlantic oak woods along an atmospheric nitrogen deposition gradient. *Journal of Ecology*. 2005, vol. 93, s. 482-492.

OBROUČKA, K. *Látky znečišťující ovzduší*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2001. 73 s. ISBN 80-248-0011-X.

PILOUS, Z., DUDA, J. *Klíč k určování mechorostů ČSR*. Praha: Nakladatelství Československé Akademie Věd, 1960. 567s.

PLÁŠEK, V. *Základy bryologie: Systém, fylogeneze a ekologie mechorostů*. 1.vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2005. 79 s. ISBN 80-7368-095-5.

PLÁŠEK, V., FILIPOVÁ, K. Bryophyta a Tracheophyta přírodní památky Věřňovice, In *Sborník prací z konference Przyrodnicze wartości Polsko- Czeskiego pogranicza jako wspólne dziedzictwo Unii Europejskiej*. Opole: Lis, j.A& Mazur,M., Uniwersytet Opolski, 2007. s. 99-111. ISBN 978-83-7395-269-0

POIKOLAINEN, J. *Mosses, epiphtes lichens and tree bark as biomonitors for air pollutants- specifically for heavy metals in regional surveys*. University of Oulu, 2004. 64s. ISBN 951-42-7478-4

POIKOLAINEN, J. Sulphur and heavy metal concentrations in scots pine bark in northerb finland and the Kola Peninsula. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1997, vol. 93, s. 395-408.

REIMANN C., et. al. Element kontent in mojntain birch leaves, bark and wood under different anthropogenic and geogenic conditions. *Applied Geochemistry*. 2007, vol. 22, no. 7, s. 1549-1566.

SANTAMARÍA, J. M., MARTÍN, A. Tree bark as a bioindicator of air pollution in navarra spain. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1997, vol. 98, s. 381-387.

SANTITORO, A. et. al. Trace element analyses in an epiphytic lichen and its bark substrate to assess to suitability for air biomonitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2004, vol. 98, s. 59-67.

Směrnice pro kvalitu ovzduší. Praha: Ministerstvo pro životní prostředí, 1996. 444 s. ISBN 80-7212- 000-X.

SO, CHI- LEUNG, EBERGHARDT, T. L. Rapid analysis of inner and outer bark composition of Southern Yellow Pine bark from industrial sources. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 2006, vol. 64, s. 463-467.

Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005). Copenkagen: European Environment Agency, 2009, ISBN 978-92-9167-988-1.

SUCHAROVÁ, J., SUCHARA, I. Biomonitoring the atmospheric deposition of elements and their compounds using moss analysis in the Czech republic. Results of the international bio-monitoring programme unece ICP- Vegetation 2000. *ACTA PRŮHONICIANA*, Výzkumný ústav Silva taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, Průhonice: 2004. č.77, 134s. ISBN 80-85116-37-5.

STAXÄNG, B. Acidification of bark of some deciduous trees. *Oikos*. 1969, vol. 20, s. 224-230.

ŠTĚRBA, R. Činnost české inspekce životního prostředí v oblasti ochrany ovzduší v Moravskoslezském kraji. *Ochrana ovzduší*. 2008, vol. 21 (40), no. 5-6, s. 22-23.

VALOVÁ, M., BIELESZOVÁ, S. Interspecific variation of bark's water storage capacity of chosen types trees and the dependance on occurrence of epiphytic mosses. *GeoScience Engineering*. 2008, vol. 54, no.1, s. 45-51. ISSN 1802-5420.

VALOVÁ, M.: Evaluation of the air pollution in Ostrava region on the subject of distribution of the epifyt bryophytes, In *Sborník prací konference Environmental changes and biological assessment IV*. Otrava: Ostravská Universita, 2008. s.189-193. ISBN 978-80-7368-451-8.

VONDRÁČEK, M. Revize a rozšíření druhů rodu *Orthotrichum* v České a Slovenské republice. In *Sborník Západočeského muzea v Plzni*, Plzeň: Příroda 1993. 76s. ISBN 80-85125-58-7.

WOLTERBEEK, B. Biomonitoring of trace element air pollution: principle, possibilities and perspectives. *Envoronmental Pollution*. 2002, vol. 120, s. 11-21.

ZECHMEISTER, H. G., HOHENWALLNER, D. A comparison of biomonitoring methods for the estimtion of atmospheric pollutants in an industrial town in austria. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006, vol. 117, s. 245-259.

Cadmium deposition to Czech Republic from national and external sources in 2006 [cit. 2009-6-18]. Dostupné z URL

<http://www.msceast.org/countries/show_map.php4?country=Czech_Republic&pollutant=Cadmium&type=dep_to>

Imisní limity pro ochranu ekosystémů a vegetace. Praha: Český hydrometeorologický ústav. [cit. 2008- 7- 20]. Dostupné z URL <<http://www.chmu.cz/uoco/limit/imlim.html/>>

KAMLEROVÁ, K. *Distribuce fotosynteticky aktivního záření ve smrkovém porostu* [online]. [cit. 2008- 7- 20]. Dostupné z URL <<http://www.cbks.cz/sbornikRackova03/sections/1-2/Kamlerova.pdf>>

KUČERA, J. *Charakteristiky taxonomické skupiny, mechorosty* [online]. [cit. 2007- 4- 5]. Dostupné z URL <<http://www.usbe.cas.cz/cervenakniha/>>

LEVIA, D. F. Jr., WUBBENA, N. P. Vertical Variation of Bark Water Storage Capacity of *Pinus strobu* L. (Eastern White Pine) in Southern Illinois. *Northeastern Naturalist* [online]. 2006,[citováno 2008- 08-

4] Dostupné z <http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3845/is_200601/ai_n17183717/pg_2?tag=artBody;coll>

Nařízení vlády č.597/2006 Sb. [online]. [cit. 2009- 2- 4]. Dostupné z URL <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/aa9f56052bbb50dfc12572d6003dcdc0?OpenDocument>>

Počasí a podnebí. [online]. [cit. 2008- 10- 13]. Dostupné z <<http://o-kraji.kr-moravskoslezsky.cz/cz/prakticke-informace/pocasi-a-podnebi/default.aspx>>

Data dle ČHMÚ. [online]. <<http://pocasi.chmi.cz/index.html/>>

Znečištění ovzduší. Informace MŽP. [online]. [citováno 2007- 11- 20]. Dostupné z URL <<http://www.env.cz/>>

Dosavadní publikační činnost:

VALOVÁ, M., LICHÝ, M. Hodnocení znečištění ovzduší na Frýdecku- Místecku na základě rozšíření epifytických mechorostů, In *Sborník prací z konference Energetika a životní prostředí*, Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1586-2.

VALOVÁ, M. Rozšíření epifytických mechorostů na Ostravsku vzhledem ke zlepšujícímu se stavu ovzduší, In *Sborník prací z konference Przyrodnicze wartości Polsko- Czeskiego pogranicza jako wspólne dziedzictwo Unii Europejskiej*. Opole: Lis, J. & Mazur, M., Uniwersytet Opolski, 2007. s. 139-144. ISBN 978-83-7395-269-0.

VALOVÁ, M. Habitation of the epiphytic bryophytes in relation to the air quality in Frýdek-Místek area, In *Umweltfreundliche industrielle Technologien, neue Werkstoffe und erneubare Energiequellen für eine nachhaltige Entwicklung*. Ostrava: VŠB –Technická univerzita, 2007. s. 35-38. ISBN 978- 80-248-1706-4.

VALOVÁ, M. Evaluation of the air pollution in Ostrava region on the subject of distribution of the epiphytic bryophytes, In *Sborník prací konference Environmental changes and biological assessment IV*. Ostrava: Ostravská Univerzita, 2008. s. 189-193. ISBN 978-80-7368-451-8.

VALOVÁ, M., BIELESZOVÁ, S. Interspecific variation of bark's water storage capacity of chosen types trees and the dependance on occurrence of epiphytic mosses. *GeoScience Engineering*. 2008, vol. 54, no.1, s. 45-51. ISSN 1802-5420.

Seznam příloh

- 1 Hodnoty úniku a přenosu látek znečišťujících ovzduší u vybraných průmyslových podniků v oblasti Ostravské aglomerace v letech 2006 a 2007
- 2 Ukázka výpisu z přístroje dataLOGGER LI-1400
- 3 Kalibrační certifikáty přístroje dataLOGGER LI-1400
- 4 Výsledky chemické analýzy pro jednotlivé druhy stromů
- 5 Průměrné hodnoty sledovaných prvků, konduktivity a pH u jednotlivých druhů stromů v pozadových oblastech
- 6 GPS souřadnice stromů s výskytem druhů rodu *Orthotrichum*

Příloha č. 1

**Hodnoty úniku a přenosu látek znečišťujících ovzduší u vybraných
průmyslových podniků v oblasti Ostravské aglomerace v letech 2006 a 2007**

Počet stran: 5

» **Mittal Steel Ostrava a.s.**

Celkový počet provozoven: 1

Počet látek - Úniky do ovzduší: 14

2.a) Zařízení na pražení nebo slinování kovové rudy (včetně siřníkové rudy)

2.b) Zařízení na výrobu surového železa nebo oceli (primární nebo sekundární tavení), včetně kontinuálního lití

2.c)i) válcovny za tepla

2.d) Slévárny železných kovů

1.c) Tepelné elektrárny a další spalovací zařízení

1.d) Koksovací pece

» Mittal Steel Ostrava a.s.		» Mittal Steel Ostrava a.s.	
	únik do ovzduší kg/rok		únik do ovzduší kg/rok
2006		2007	
Fenoly (jako celkové C)	0	Fenoly (jako celkové C)	0
Fluor a anorganické sloučeniny (jako HF)	59900 [M]	Fluor a anorganické sloučeniny (jako HF)	59900 [M]
Halogenované organické sloučeniny (jako AOX)	0	Halogenované organické sloučeniny (jako AOX)	0
Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl)	373000 [M]	Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl)	319000 [M]
Chrom a sloučeniny (jako Cr)	0	Chrom a sloučeniny (jako Cr)	0
Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	1000 [M]	Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	1010 [M]
Kyanidy (jako celkové CN)	0	Kyanidy (jako celkové CN)	0
Měď a sloučeniny (jako Cu)	0	Měď a sloučeniny (jako Cu)	0
Nikl a sloučeniny (jako Ni)	0	Nikl a sloučeniny (jako Ni)	0
Olovo a sloučeniny (jako Pb)	16800 [M]	Olovo a sloučeniny (jako Pb)	17200 [M]
Oxid uhelnatý (CO)	62000000 [M]	Oxid uhelnatý (CO)	73300000 [M]
Oxid uhličitý (CO ₂)	7230000000 [C]	Oxid uhličitý (CO ₂)	7410000000 [C]
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	5870000 [M]	Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	5640000 [M]
Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	8690000 [M]	Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	9050000 [M]
PCDD +PCDF (dioxiny +furany) (jako TEQ)	0,021 [M]	PCDD +PCDF (dioxiny +furany) (jako TEQ)	0,021 [M]
Polétavý prach (PM ₁₀)	1230000 [E]	Polétavý prach (PM ₁₀)	1450000 [E]
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	891 [M]	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	1060 [M]
Polychlorované bifenyly (PCB)	0,113 [M]	Polychlorované bifenyly (PCB)	0
Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	259 [M]	Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	239 [M]
Zinek a sloučeniny (jako Zn)	0	Zinek a sloučeniny (jako Zn)	0

Za hodnotou úniku/přenosu je uvedena metoda zjišťování: C - výpočet, E - odhad, M - měření.

» **TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.**

Celkový počet provozoven: 1

Počet látek - Úniky do ovzduší: 14

1.d) Koksovací pece

2.a) Zařízení na pražení nebo slinování kovové rudy (včetně siřičkové rudy)

2.b) Zařízení na výrobu surového železa nebo oceli (primární nebo sekundární tavení), včetně kontinuálního lití

2.c)i) válcovny za tepla

» TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.	únik do ovzduší kg/rok	» TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.	únik do ovzduší kg/rok
2006		2007	
Arsen a sloučeniny (jako As)	56 [M]	Arsen a sloučeniny (jako As)	83 [M]
Celkový dusík	0	Celkový dusík	0
Celkový fosfor	0	Celkový fosfor	0
Fenoly (jako celkové C)	0	Fenoly (jako celkové C)	0
Chrom a sloučeniny (jako Cr)	485 [M]	Chrom a sloučeniny (jako Cr)	546 [M]
Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	213 [M]	Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	237 [M]
Kyanidy (jako celkové CN)	0	Kyanidy (jako celkové CN)	0
Měď a sloučeniny (jako Cu)	716 [M]	Měď a sloučeniny (jako Cu)	1160 [M]
Nikl a sloučeniny (jako Ni)	0	Nikl a sloučeniny (jako Ni)	0
Olovo a sloučeniny (jako Pb)	3150 [M]	Olovo a sloučeniny (jako Pb)	9570 [M]
Oxid uhelnatý (CO)	59600000 [M]	Oxid uhelnatý (CO)	73300000 [M]
Oxid uhličitý (CO ₂)	2560000000 [C]	Oxid uhličitý (CO ₂)	2660000000 [C]
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	1370000 [M]	Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	1560000 [M]
Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	1590000 [M]	Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	2170000 [M]
PCDD +PCDF (dioxiny +furany) (jako TEQ)	0,04 [M]	PCDD +PCDF (dioxiny +furany) (jako TEQ)	0,0193 [M]
Polétavý prach (PM ₁₀)	738000 [M]	Polétavý prach (PM ₁₀)	838000 [E]
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	753 [M]	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	512 [M]
Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	31 [M]	Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	202 [M]
Zinek a sloučeniny (jako Zn)	17600 [M]	Zinek a sloučeniny (jako Zn)	79400 [M]

Za hodnotou úniku/přenosu je uvedena metoda zjišťování: C - výpočet, E - odhad, M - měření.

OKD, OKK, a.s.

Celkový počet provozoven: 2

Počet látek - Úniky do ovzduší: 5

OKD, OKK, a.s.	únik do ovzduší kg/rok	OKD, OKK, a.s.	únik do ovzduší kg/rok
2006		2007	
» Koksovna Jan Šverma		» Koksovna Jan Šverma	
Celkový dusík	0	Celkový dusík	0
Fenoly (jako celkové C)	0	Fenoly (jako celkové C)	0
Kyanidy (jako celkové CN)	0	Kyanidy (jako celkové CN)	0
Kyanovodík (HCN)	690 [M]	Kyanovodík (HCN)	663 [M]
Oxid uhličitý (CO ₂)	132000000 [C]	Naftalen	0
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	291000 [M]	Oxid uhličitý (CO ₂)	131000000 [C]
Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	169000 [M]	Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	247000 [M]
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	0	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	0
» Koksovna Svoboda		» Koksovna Svoboda	
Celkový dusík	0	Fenoly (jako celkové C)	0
Fenoly (jako celkové C)	0	Kyanidy (jako celkové CN)	0
Kyanidy (jako celkové CN)	0	Oxid uhličitý (CO ₂)	104000000 [M]
Oxid uhličitý (CO ₂)	114000000 [C]	Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	186000 [M]
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	200000 [M]	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	145 [M]
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)b/	107 [M]		

Za hodnotou úniku/přenosu je uvedena metoda zjišťování: C - výpočet, E - odhad, M - měření.

Biocel Paskov a.s.Celkový počet provozoven: **1**Počet látek - Úniky do ovzduší: **6**

1.c) Tepelné elektrárny a další spalovací zařízení

5.d) Sklárky

5.g) Samostatně provozované čistírny průmyslových odpadních vod, které slouží pro jednu nebo více činností uvedených v této příloze

6.a) Průmyslové závody na výrobu buničiny ze dřeva nebo podobných vláknitých materiálů

Biocel Paskov a.s.	únik do ovzduší kg/rok	Biocel Paskov a.s.	únik do ovzduší kg/rok
2006		2007	
Celkový dusík	0	Celkový dusík	0
Celkový fosfor	0	Celkový fosfor	0
Celkový organický uhlík (TOC) (jako celkové C nebo COD/3)	0	Celkový organický uhlík (TOC) (jako celkové C nebo COD/3)	0
Halogenované organické sloučeniny (jako AOX)	0	Halogenované organické sloučeniny (jako AOX)	0
Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl)	11800 [M]	Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl)	10900 [M]
Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	60,8 [M]	Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	61,5 [M]
Oxid uhličitý (CO ₂)	586000000 [C]	Olovo a sloučeniny (jako Pb)	0
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	804000 [M]	Oxid uhličitý (CO ₂)	585000000 [C]
Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	577000 [M]	Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	790000 [M]
Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	15,7 [M]	Oxidy síry (SO _x /SO ₂)	488000 [M]
Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	15,5	Rtuť a sloučeniny (jako Hg)	15,5

Za hodnotou úniku/přenosu je uvedena metoda zjišťování: C - výpočet, E - odhad, M - měření.

» **EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s.**

Celkový počet provozoven: **1**

Počet látek - Úniky do ovzduší: **4**

2.b) Zařízení na výrobu surového železa nebo oceli (primární nebo sekundární tavení), včetně kontinuálního lité

2.c) i) válcovny za tepla

» EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s.	únik do ovzduší kg/rok
2007	
Arsen a sloučeniny (jako As)	0
Chrom a sloučeniny (jako Cr)	0
Kadmium a sloučeniny (jako Cd)	0
Měď a sloučeniny (jako Cu)	0
Nikl a sloučeniny (jako Ni)	0
Olovo a sloučeniny (jako Pb)	264 [E]
Oxid uhelnatý (CO)	2300000 [E]
Oxid uhličitý (CO ₂)	345000000 [C]
Oxidy dusíku (NO _x /NO ₂)	172000 [M]
Zinek a sloučeniny (jako Zn)	0

Za hodnotou úniku/přenosu je uvedena metoda zjišťování: C - výpočet, E - odhad, M - měření.

Příloha č. 2

Ukázka výpisu z přístroje dataLOGGER LI-1400

Počet stran: 2

0	2008-08-01 22:12:30	"I1A"	"I2A"	"V1A"	"V2A"		
0	2008-08-01 22:12:30	"QUANTUM (Q)"	"PYRAN (P)"	"AIR TEMP (C)"	"RH (RH)"		
1	2008-08-01 22:12:30	"I1M"	"I1L"	"I1H"			
1	2008-08-01 22:12:30	"QUANTUM (Q)"	"QUANTUM Min (Q)"	"QUANTUM Max (Q)"			
2	2008-08-01 22:12:30	"I2M"	"I2L"	"I2H"			
2	2008-08-01 22:12:30	"PYRAN (P)"	"PYRAN Min (P)"	"PYRAN Max (P)"			
3	2008-08-01 22:12:30	"V1M"	"V1L"	"V1H"			
3	2008-08-01 22:12:30	"AIR TEMP (C)"	"AIR TEMP Min (C)"	"AIR TEMP Max (C)"			
4	2008-08-01 22:12:30	"V2M"	"V2L"	"V2H"			
4	2008-08-01 22:12:30	"RH (RH)"	"RH Min (RH)"	"RH Max (RH)"			
5	2008-08-01 22:12:30						
5	2008-08-01 22:12:30						
1	2008-08-03 08:45:00	1392.5	1392.5	1392.5			
2	2008-08-03 08:45:00	704.05	704.05	704.05			
3	2008-08-03 08:45:00	28.39	28.39	28.39			
4	2008-08-03 08:45:00	58.525	58.525	58.525			
1	2008-08-03 09:00:00	830.42	830.42	830.42			
2	2008-08-03 09:00:00	392.82	392.82	392.82			
3	2008-08-03 09:00:00	25.773	25.773	25.773			
4	2008-08-03 09:00:00	70.381	70.381	70.381			
1	2008-08-03 09:15:00	1156.2	1156.2	1156.2			
2	2008-08-03 09:15:00	529.32	529.32	529.32			
3	2008-08-03 09:15:00	28.504	28.504	28.504			
4	2008-08-03 09:15:00	59.265	59.265	59.265			
1	2008-08-03 09:30:00	1402.7	1402.7	1402.7			
2	2008-08-03 09:30:00	663.25	663.25	663.25			
3	2008-08-03 09:30:00	30.473	30.473	30.473			
4	2008-08-03 09:30:00	49.698	49.698	49.698			
1	2008-08-03 09:45:00	654.31	654.31	654.31			
2	2008-08-03 09:45:00	292.84	292.84	292.84			
3	2008-08-03 09:45:00	26.444	26.444	26.444			
4	2008-08-03 09:45:00	58.99	58.99	58.99			
1	2008-08-03 10:00:00	632.56	632.56	632.56			
2	2008-08-03 10:00:00	297.12	297.12	297.12			
3	2008-08-03 10:00:00	26.696	26.696	26.696			
4	2008-08-03 10:00:00	57.747	57.747	57.747			
1	2008-08-03 10:15:00	539.87	539.87	539.87			
2	2008-08-03 10:15:00	254.69	254.69	254.69			
3	2008-08-03 10:15:00	25.758	25.758	25.758			
4	2008-08-03 10:15:00	60.432	60.432	60.432			
1	2008-08-03 10:30:00	466.9	466.9	466.9			
2	2008-08-03 10:30:00	218.43	218.43	218.43			
3	2008-08-03 10:30:00	23.782	23.782	23.782			
4	2008-08-03 10:30:00	68.71	68.71	68.71			
1	2008-08-03 10:45:00	429.83	429.83	429.83			
2	2008-08-03 10:45:00	200.47	200.47	200.47			

3	2008-08-03 10:45:00	23.56	23.56	23.56
4	2008-08-03 10:45:00	69.565	69.565	69.565
1	2008-08-03 11:00:00	422.82	422.82	422.82
2	2008-08-03 11:00:00	197.39	197.39	197.39
3	2008-08-03 11:00:00	23.538	23.538	23.538
4	2008-08-03 11:00:00	66.414	66.414	66.414
1	2008-08-03 11:15:00	1597.7	1597.7	1597.7
2	2008-08-03 11:15:00	774.69	774.69	774.69
3	2008-08-03 11:15:00	26.208	26.208	26.208
4	2008-08-03 11:15:00	62.546	62.546	62.546
1	2008-08-03 11:30:00	861.79	861.79	861.79
2	2008-08-03 11:30:00	405.9	405.9	405.9
3	2008-08-03 11:30:00	27.345	27.345	27.345
4	2008-08-03 11:30:00	53.429	53.429	53.429
1	2008-08-03 11:45:00	1039.8	1039.8	1039.8
2	2008-08-03 11:45:00	515.72	515.72	515.72
3	2008-08-03 11:45:00	28.573	28.573	28.573
4	2008-08-03 11:45:00	54.306	54.306	54.306
1	2008-08-03 12:00:00	1374.7	1374.7	1374.7
2	2008-08-03 12:00:00	660.34	660.34	660.34
3	2008-08-03 12:00:00	28.924	28.924	28.924
4	2008-08-03 12:00:00	51.666	51.666	51.666
1	2008-08-03 12:15:00	1892	1892	1892
2	2008-08-03 12:15:00	953.7	953.7	953.7
3	2008-08-03 12:15:00	28.13	28.13	28.13
4	2008-08-03 12:15:00	50.598	50.598	50.598
1	2008-08-03 12:30:00	1909.6	1909.6	1909.6
2	2008-08-03 12:30:00	961.05	961.05	961.05
3	2008-08-03 12:30:00	27.207	27.207	27.207
4	2008-08-03 12:30:00	50.209	50.209	50.209
1	2008-08-03 12:45:00	1973.1	1973.1	1973.1
2	2008-08-03 12:45:00	996.29	996.29	996.29
3	2008-08-03 12:45:00	27.879	27.879	27.879
4	2008-08-03 12:45:00	46.455	46.455	46.455
1	2008-08-03 13:00:00	2206.2	2206.2	2206.2
2	2008-08-03 13:00:00	1139.8	1139.8	1139.8
3	2008-08-03 13:00:00	29.107	29.107	29.107
4	2008-08-03 13:00:00	44.319	44.319	44.319
1	2008-08-03 13:15:00	2070.2	2070.2	2070.2
2	2008-08-03 13:15:00	1055.7	1055.7	1055.7
3	2008-08-03 13:15:00	28.604	28.604	28.604
4	2008-08-03 13:15:00	47.798	47.798	47.798
1	2008-08-03 13:30:00	1828.4	1828.4	1828.4
2	2008-08-03 13:30:00	922.56	922.56	922.56
3	2008-08-03 13:30:00	29.29	29.29	29.29
4	2008-08-03 13:30:00	49.362	49.362	49.362
1	2008-08-03 13:45:00	739.75	739.75	739.75
2	2008-08-03 13:45:00	349.03	349.03	349.03
3	2008-08-03 13:45:00	27.322	27.322	27.322
4	2008-08-03 13:45:00	46.921	46.921	46.921

Příloha č. 3

Kalibrační certifikáty přístroje dataLOGGER LI-1400

Počet stran: 1

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Model Number: **LI-200SA PYRANOMETER SENSOR**

Serial Number: PY59464

Calibration Constant: 89.2

Calibration Multiplier: -11.21

Units: microamps per 1000 watts m⁻²

Units: watts m⁻² per microamp

Please consult the instruction manual for further information on the calibration constant and calibration multiplier. Recalibration is recommended every two years.

Date of Calibration: May 20, 2008

By: Caron Deschane

LI-COR[®]

Biosciences

4421 Superior Street • P.O. Box 4425 • Lincoln, Nebraska 68504 USA
Phone: 402-467-3576 • FAX: 402-467-2819
Toll-free 1-800-447-3576 (U.S. & Canada)
E-mail: envsales@licor.com
www.licor.com

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Model Number: **LI-190SA QUANTUM SENSOR**

Serial Number: Q39828

Calibration Constant: 6.42

Calibration Multiplier: -155.76

Units: microamps per 1000 μ mol s⁻¹ m⁻²

Units: μ mol s⁻¹ m⁻² per microamp

Please consult the instruction manual for further information on the calibration constant and calibration multiplier. Recalibration is recommended every two years.

Date of Calibration: June 4, 2008

By: Caron Deschane

LI-COR[®]

Biosciences

4421 Superior Street • P.O. Box 4425 • Lincoln, Nebraska 68504 USA
Phone: 402-467-3576 • FAX: 402-467-2819
Toll-free 1-800-447-3576 (U.S. & Canada)
E-mail: envsales@licor.com
www.licor.com

Příloha č. 4

Výsledky chemické analýzy pro jednotlivé druhy stromů

Počet stran: 15

Acer platanoides

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,30	1,14	,7750	,27
pH	12	5,28	5,87	5,5037	,22
DOC (mg/kg)	12	1038	1494	1264,63	125,06
Celkový fosfor (mg/kg)	12	134,28	314,60	198,0850	63,33
Celkový dusík (mg/kg)	12	101,00	150,20	120,6250	19,27
K (mg/kg)	12	1024,47	1568,53	1209,8262	163,93
Ca (mg/kg)	12	319,04	366,89	343,9775	15,25
Mg (mg/kg)	12	29,04	38,72	35,3350	3,86
Cl (mg/kg)	12	432,20	504,78	467,5900	26,76
Na (mg/kg)	12	60,99	77,77	70,6250	5,22
Sírany (mg/kg)	12	295,56	369,45	332,5025	24,86
Vodivost (uS/m)	12	575	620	595,75	14,34
Pb (mg/kg)	8	,94	2,72	1,8864	,63
Cd (mg/kg)	8	,10	3,80	1,4965	1,44
Cu (mg/kg)	8	5,01	14,30	9,3598	4,20
Zn (mg/kg)	8	34,83	44,38	36,6815	3,18
Ni (mg/kg)	8	2,32	6,30	3,4508	1,27
Fe (mg/kg)	8	33,39	80,54	47,8084	16,98
Mn (mg/kg)	8	113,02	965,85	486,2796	368,99
Cr (mg/kg)	8	1,732	16,359	6,07065	5,29
As (mg/kg)	8	,08	1,02	,4739	,32

Acer pseudoplatanus

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,80	2,30	1,2692	,44
pH	12	5,02	5,97	5,4542	,30
DOC (mg/kg)	12	744	1562	958,00	226,58
Celkový fosfor (mg/kg)	12	130,88	253,44	187,2533	41,77
Celkový dusík (mg/kg)	12	115,10	167,70	147,6750	18,62
K (mg/kg)	12	997,74	1421,07	1132,3642	118,20
Ca (mg/kg)	12	287,13	494,51	352,1242	63,44
Mg (mg/kg)	12	27,08	38,72	30,2950	3,11
Cl (mg/kg)	12	352,39	416,33	395,7008	18,13
Na (mg/kg)	12	54,20	88,33	66,9817	9,74
Sírany (mg/kg)	12	517,23	621,67	554,9125	32,78
Vodivost (uS/m)	12	587	690	640,42	32,80
Pb (mg/kg)	8	1,94	3,58	2,4260	,49
Cd (mg/kg)	8	,26	1,46	,8633	,43
Cu (mg/kg)	8	,07	3,31	1,8743	1,15
Zn (mg/kg)	8	17,68	50,21	33,2738	10,85
Ni (mg/kg)	8	3,46	8,70	5,7765	1,80
Fe (mg/kg)	8	37,25	78,56	50,7545	13,11
Mn (mg/kg)	8	26,02	597,12	155,8139	183,91
Cr (mg/kg)	8	3,241	8,410	5,17250	1,95
As (mg/kg)	8	,19	1,31	,6293	,60

Aecsululus hippocastanum

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	6	,65	1,03	,8100	,19
pH	6	5,14	5,23	5,1867	,04
DOC (mg/kg)	6	2163	3176	2525,07	564,51
Celkový fosfor (mg/kg)	6	145,68	192,60	165,7600	24,17
Celkový dusík (mg/kg)	6	143,10	166,50	151,9333	12,70
K (mg/kg)	6	1651,87	1860,20	1745,0967	105,87
Ca (mg/kg)	6	324,81	387,13	353,7567	31,39
Mg (mg/kg)	6	29,04	29,93	29,5567	,46
Cl (mg/kg)	6	388,45	408,63	399,3367	10,18
Na (mg/kg)	6	100,16	105,67	102,8267	2,75
Sírany (mg/kg)	6	221,67	284,72	242,6867	36,40
Vodivost (uS/m)	6	624	636	630,67	6,11
Pb (mg/kg)	4	,82	1,38	1,1207	,28
Cd (mg/kg)	4	,51	1,02	,7570	,25
Cu (mg/kg)	4	4,78	7,30	6,0963	1,26
Zn (mg/kg)	4	7,32	12,38	9,1797	2,77
Ni (mg/kg)	4	1,85	3,41	2,6487	,78
Fe (mg/kg)	4	36,41	92,73	55,9150	31,90
Mn (mg/kg)	4	71,74	79,67	75,5507	3,97
Cr (mg/kg)	4	3,402	8,565	5,20067	2,91
As (mg/kg)	4	,12	,22	,1660	,05

Betula pendula

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,15	1,32	,7233	,36
pH	12	5,00	5,62	5,2533	,23
DOC (mg/kg)	12	1757	2543	2137,24	220,30
Celkový fosfor (mg/kg)	12	38,20	82,50	48,5450	11,43
Celkový dusík (mg/kg)	12	24,90	86,40	47,5417	17,05
K (mg/kg)	12	210,07	288,04	250,1075	32,99
Ca (mg/kg)	12	31,90	95,71	62,8500	20,23
Mg (mg/kg)	12	49,36	87,11	65,3942	10,71
Cl (mg/kg)	12	180,28	288,45	248,7167	31,63
Na (mg/kg)	12	47,43	91,57	74,0433	15,42
Sířany (mg/kg)	12	110,83	265,56	183,3108	43,18
Vodivost (uS/m)	12	207	288	251,83	24,37
Pb (mg/kg)	8	,09	3,55	1,2097	1,22
Cd (mg/kg)	8	,06	,98	,4278	,28
Cu (mg/kg)	8	2,15	7,02	4,3635	1,89
Zn (mg/kg)	8	89,48	216,23	124,1108	43,92
Ni (mg/kg)	8	,06	3,48	1,4795	1,38
Fe (mg/kg)	8	13,06	130,23	67,1404	40,07
Mn (mg/kg)	8	418,85	1288,80	734,9581	267,20
Cr (mg/kg)	8	3,392	15,726	7,39370	3,91
As (mg/kg)	8	,08	1,67	,9489	,66

Carpinus betulus

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,40	,90	,6883	,15
pH	12	4,76	5,04	4,8608	,09
DOC (mg/kg)	12	1835	2372	2045,82	146,03
Celkový fosfor (mg/kg)	12	91,32	109,08	98,4700	5,29
Celkový dusík (mg/kg)	12	80,30	274,30	141,8750	73,34
K (mg/kg)	12	611,45	849,52	697,1446	59,82
Ca (mg/kg)	12	754,27	941,50	817,4217	59,17
Mg (mg/kg)	12	125,83	232,30	175,5917	30,59
Cl (mg/kg)	12	288,45	380,74	323,6717	31,71
Na (mg/kg)	12	57,34	98,49	75,8425	16,63
Sírany (mg/kg)	12	110,83	332,50	197,0367	72,76
Vodivost (uS/m)	12	492	611	561,58	36,29
Pb (mg/kg)	8	3,21	24,69	7,4036	7,03
Cd (mg/kg)	8	,09	1,27	,4796	,37
Cu (mg/kg)	8	2,72	8,74	5,1572	2,35
Zn (mg/kg)	8	12,77	120,24	52,3136	42,28
Ni (mg/kg)	8	1,42	2,91	2,1043	,57
Fe (mg/kg)	8	25,97	132,31	57,9759	34,39
Mn (mg/kg)	8	1047,49	2433,78	1605,5408	488,62
Cr (mg/kg)	8	,030	4,475	2,63848	1,77
As (mg/kg)	8	1,18	4,71	2,0170	1,17

Fagus sylvatica

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	8	,55	2,15	1,2587	0,56
pH	8	5,48	5,83	5,6250	0,13
DOC (mg/kg)	8	114	1689	852,12	759,00
celkový fosfor (mg/kg)	8	64,28	99,08	83,1200	10,79
Celkový dusík (mg/kg)	8	34,90	64,30	51,9625	10,58
K (mg/kg)	8	733,10	956,81	848,1250	82,88
Ca (mg/kg)	8	82,21	113,75	96,9563	10,83
Mg (mg/kg)	8	69,84	89,79	79,7775	7,00
Cl (mg/kg)	8	192,30	264,41	225,1275	25,74
Na (mg/kg)	8	57,88	95,94	76,5950	13,92
Sířany (mg/kg)	8	184,72	221,67	200,4863	15,88
Vodivost (uS/m)	8	350	416	391,75	21,21
Pb (mg/kg)	4	1,11	6,73	2,9284	1,97
Cd (mg/kg)	4	,09	,33	,2592	0,10
Cu (mg/kg)	4	2,06	4,84	2,7508	0,90
Zn (mg/kg)	4	7,21	13,82	10,4060	2,36
Ni (mg/kg)	4	1,37	5,35	3,0554	1,42
Fe (mg/kg)	4	27,38	142,80	81,9049	53,43
Mn (mg/kg)	4	272,39	443,57	366,2562	76,63
Cr (mg/kg)	4	2,702	8,891	4,07131	1,97
As (mg/kg)	4	2,72	3,57	3,0513	0,37

Fraxinus excelsior

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,55	1,82	1,2487	0,41
pH	12	5,51	5,66	5,5838	0,05
DOC (mg/kg)	12	2724	3299	2992,48	190,41
Celkový fosfor (mg/kg)	12	94,12	113,48	102,6150	6,92
Celkový dusík (mg/kg)	12	89,40	101,80	94,9000	4,56
K (mg/kg)	12	563,42	1997,65	1063,7488	473,72
Ca (mg/kg)	12	131,90	169,57	154,4013	11,25
Mg (mg/kg)	12	29,04	248,46	136,4025	84,96
Cl (mg/kg)	12	236,52	306,61	278,2988	25,15
Na (mg/kg)	12	58,11	101,36	80,8700	18,03
Sírany (mg/kg)	12	110,63	235,56	167,4075	50,22
Vodivost (uS/m)	12	338	602	462,63	121,58
Pb (mg/kg)	8	,49	4,27	2,1819	1,48
Cd (mg/kg)	8	,04	,21	,1117	0,09
Cu (mg/kg)	8	2,36	8,32	6,2739	1,89
Zn (mg/kg)	8	11,18	26,49	18,8196	5,64
Ni (mg/kg)	8	,77	2,47	1,5765	0,72
Fe (mg/kg)	8	28,60	639,15	172,1705	225,06
Mn (mg/kg)	8	9,35	64,17	32,2804	21,53
Cr (mg/kg)	8	1,319	5,932	4,59786	1,58
As (mg/kg)	8	,11	18,13	5,5864	7,27

Juglans regia

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	4	1,10	2,60	1,5250	0,72
pH	4	5,68	5,88	5,7500	0,09
DOC (mg/kg)	4	1263	1898	1568,38	270,92
Celkový fosfor (mg/kg)	4	107,92	157,96	122,1800	23,92
Celkový dusík (mg/kg)	4	107,20	125,20	113,8500	8,18
K (mg/kg)	4	1704,72	2045,00	1851,5800	141,80
Ca (mg/kg)	4	794,51	878,56	844,9800	40,67
Mg (mg/kg)	4	19,36	37,45	28,7225	7,39
Cl (mg/kg)	4	336,52	408,63	383,5600	32,10
Na (mg/kg)	4	98,79	109,48	102,9225	4,96
Sírany (mg/kg)	4	184,70	232,50	197,6325	23,32
Vodivost (uS/m)	4	399	993	757,75	262,45
Pb (mg/kg)	4	1,09	7,89	3,6670	3,69
Cd (mg/kg)	4	1,84	2,44	2,1798	0,25
Cu (mg/kg)	4	5,03	6,85	5,9903	0,75
Zn (mg/kg)	4	9,23	13,26	10,6330	1,84
Ni (mg/kg)	4	,72	1,37	1,1608	0,31
Fe (mg/kg)	4	24,75	103,29	52,0757	34,92
Mn (mg/kg)	4	56,49	102,49	82,9553	19,25
Cr (mg/kg)	4	,085	5,901	2,27700	2,60
As (mg/kg)	4	,45	7,07	2,9417	3,60

Larix decidua

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,70	1,95	1,2308	0,34
pH	12	3,55	4,38	4,0542	0,23
DOC (mg/kg)	12	373	2495	945,30	624,05
celkový fosfor (mg/kg)	12	48,48	133,24	91,4933	27,96
Celkový dusík (mg/kg)	12	12,10	98,90	49,4833	23,02
K (mg/kg)	12	111,36	445,77	253,8125	116,79
Ca (mg/kg)	12	157,62	430,70	217,8233	74,75
Mg (mg/kg)	12	48,40	183,91	81,5492	38,98
Cl (mg/kg)	12	276,43	480,74	355,9008	82,76
Na (mg/kg)	12	60,15	94,94	79,7408	12,55
Sířany (mg/kg)	12	221,67	551,12	419,8183	116,49
Vodivost (uS/m)	12	288	395	333,00	38,07
Pb (mg/kg)	8	6,29	12,48	8,3985	2,79
Cd (mg/kg)	6	,03	,62	,3358	0,22
Cu (mg/kg)	8	1,60	3,18	2,4266	0,61
Zn (mg/kg)	8	12,46	20,62	17,3033	3,11
Ni (mg/kg)	8	,49	2,85	1,7309	0,89
Fe (mg/kg)	8	55,63	198,31	94,9836	52,11
Mn (mg/kg)	8	113,40	359,04	235,8064	76,02
Cr (mg/kg)	8	4,526	17,674	8,71128	4,66
As (mg/kg)	8	,10	18,61	6,0818	6,82

Malus sp

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,70	1,53	1,0314	0,27
pH	12	5,30	5,70	5,4857	0,15
DOC (mg/kg)	12	483	3219	1196,40	925,77
Celkový fosfor (mg/kg)	12	7,00	393,80	229,8800	141,29
Celkový dusík (mg/kg)	12	41,30	84,20	57,6000	14,88
K (mg/kg)	12	1945,81	2473,72	2076,9357	186,02
Ca (mg/kg)	12	622,12	766,07	685,8843	56,70
Mg (mg/kg)	12	19,36	29,04	24,2343	4,44
Cl (mg/kg)	12	364,41	406,52	383,9071	16,86
Na (mg/kg)	12	68,18	82,49	75,7771	5,26
Sírany (mg/kg)	12	184,72	295,56	263,2157	38,17
Vodivost (uS/m)	12	701	814	770,00	39,51
Pb (mg/kg)	8	2,41	4,38	3,2500	0,98
Cd (mg/kg)	8	,21	1,96	,9845	0,64
Cu (mg/kg)	8	3,67	14,90	6,6335	4,53
Zn (mg/kg)	8	5,92	21,97	12,2478	5,63
Ni (mg/kg)	8	2,13	4,51	3,4858	0,97
Fe (mg/kg)	8	19,85	242,49	87,1165	81,67
Mn (mg/kg)	8	5,37	28,53	13,1227	8,43
Cr (mg/kg)	8	3,443	20,035	8,33827	6,44
As (mg/kg)	8	1,44	3,36	2,4743	0,97

Picea abies

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,61	1,50	,9692	0,25
pH	12	4,67	5,07	4,9250	0,13
DOC (mg/kg)	12	2179	3353	2608,55	370,08
Celkový fosfor (mg/kg)	12	84,84	192,28	123,8600	31,75
Celkový dusík (mg/kg)	12	79,00	309,70	170,2667	74,89
K (mg/kg)	12	701,83	992,61	814,4567	95,43
Ca (mg/kg)	12	251,00	318,80	290,4058	19,46
Mg (mg/kg)	12	49,89	87,11	66,1717	10,31
Cl (mg/kg)	12	228,35	360,58	320,7133	40,53
Na (mg/kg)	12	58,83	77,32	66,8458	7,43
Sírany (mg/kg)	12	140,83	261,95	199,5617	45,30
Vodivost (uS/m)	12	458	520	491,92	23,21
Pb (mg/kg)	8	,18	1,66	1,0463	0,63
Cd (mg/kg)	8	1,56	2,29	1,9662	0,22
Cu (mg/kg)	8	4,37	7,23	5,5219	1,14
Zn (mg/kg)	8	93,32	155,24	129,9864	24,73
Ni (mg/kg)	8	1,00	4,97	3,1460	1,38
Fe (mg/kg)	8	23,87	89,65	50,7654	20,53
Mn (mg/kg)	8	810,00	1414,17	1114,4775	248,15
Cr (mg/kg)	8	2,438	9,000	5,18584	2,18
As (mg/kg)	8	1,11	2,91	2,0100	1,28

Pinus sylvestris

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,88	1,45	1,1792	0,17
pH	12	3,89	4,31	4,1075	0,12
DOC (mg/kg)	12	362	639	491,74	70,15
Celkový fosfor (mg/kg)	12	3,04	7,44	4,9925	1,48
Celkový dusík (mg/kg)	12	16,10	34,00	27,8333	5,14
K (mg/kg)	12	74,67	110,05	93,3183	9,75
Ca (mg/kg)	12	41,90	61,90	52,4575	5,69
Mg (mg/kg)	12	29,04	66,15	52,1425	11,14
Cl (mg/kg)	12	228,35	354,40	301,9042	38,46
Na (mg/kg)	12	62,30	109,65	75,1317	14,50
Sířany (mg/kg)	12	110,83	243,34	164,9767	38,47
Vodivost (uS/m)	12	108	321	195,17	59,00
Pb (mg/kg)	8	2,08	7,17	3,5866	1,77
Cd (mg/kg)	8	,27	,70	,4580	0,14
Cu (mg/kg)	8	1,47	5,33	3,2936	1,13
Zn (mg/kg)	8	10,61	18,38	14,2723	2,96
Ni (mg/kg)	8	,58	1,14	,8647	0,29
Fe (mg/kg)	8	35,47	175,48	109,8464	53,97
Mn (mg/kg)	8	50,79	117,18	82,1754	24,18
Cr (mg/kg)	8	8,418	51,526	16,29285	14,39
As (mg/kg)	8	,15	6,27	1,7890	2,28

Quercus robur

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,90	2,35	1,4300	0,53
pH	12	4,46	4,90	4,6363	0,15
DOC (mg/kg)	12	2173	2867	2606,58	233,56
Celkový fosfor (mg/kg)	12	32,80	54,68	42,9100	8,75
Celkový dusík (mg/kg)	12	102,40	156,90	114,2500	18,74
K (mg/kg)	12	427,02	637,97	474,0075	69,05
Ca (mg/kg)	12	119,04	157,37	136,9000	13,07
Mg (mg/kg)	12	98,08	154,87	125,8575	17,99
Cl (mg/kg)	12	232,67	282,48	249,6838	15,52
Na (mg/kg)	12	65,39	100,77	84,6900	12,51
Sířany (mg/kg)	12	147,78	206,39	179,5512	19,32
Vodivost (uS/m)	12	200	307	266,88	33,10
Pb (mg/kg)	8	4,15	21,02	8,9260	8,11
Cd (mg/kg)	8	,50	1,01	,7720	0,24
Cu (mg/kg)	8	6,31	7,24	6,6913	0,39
Zn (mg/kg)	8	10,14	15,28	12,0753	2,35
Ni (mg/kg)	8	2,22	4,15	3,1663	0,91
Fe (mg/kg)	8	112,67	170,41	151,3625	26,17
Mn (mg/kg)	8	150,23	1265,95	604,0985	529,43
Cr (mg/kg)	8	11,048	15,764	13,74818	2,04
As (mg/kg)	8	2,32	3,92	3,3668	0,74

Salix fragilis

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	1,15	2,20	1,5500	0,40
pH	12	5,60	6,38	5,9364	0,32
DOC (mg/kg)	12	195	437	285,04	67,70
celkový fosfor (mg/kg)	12	3,52	45,44	15,7936	14,06
Celkový dusík (mg/kg)	12	110,30	169,00	135,2455	16,91
K (mg/kg)	12	738,22	905,50	836,8636	55,11
Ca (mg/kg)	12	87,11	263,08	187,4273	66,93
Mg (mg/kg)	12	19,36	59,86	38,2200	11,94
Cl (mg/kg)	12	196,24	310,46	254,8182	30,63
Na (mg/kg)	12	49,27	94,60	81,8055	14,21
sírany (mg/kg)	12	147,78	484,82	351,5782	119,45
Vodivost (uS/m)	12	326	421	373,45	32,94
Pb (mg/kg)	8	1,07	4,83	2,9948	1,84
Cd (mg/kg)	8	,23	2,87	1,3914	1,11
Cu (mg/kg)	8	6,12	9,02	7,3355	1,06
Zn (mg/kg)	8	132,32	169,49	146,9030	12,49
Ni (mg/kg)	8	,50	1,58	,9551	0,40
Fe (mg/kg)	8	124,67	638,56	349,9760	163,89
Mn (mg/kg)	8	103,95	393,15	232,2595	93,05
Cr (mg/kg)	8	2,917	32,611	11,93832	9,92
As (mg/kg)	8	1,79	13,91	6,1375	4,66

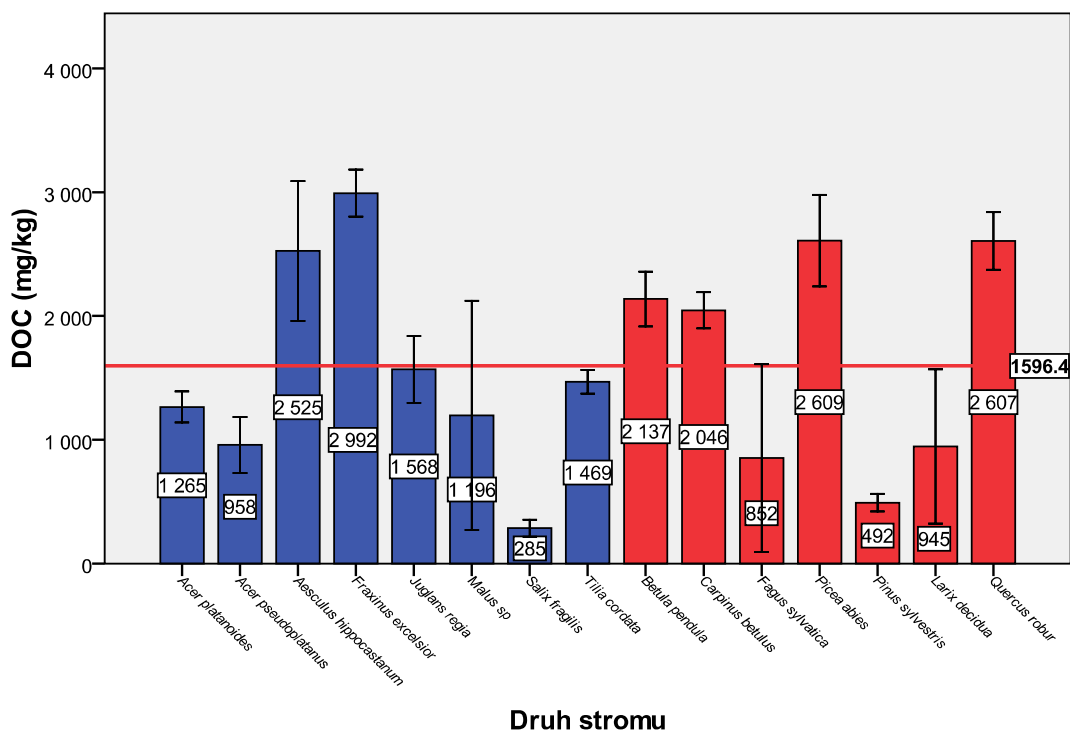
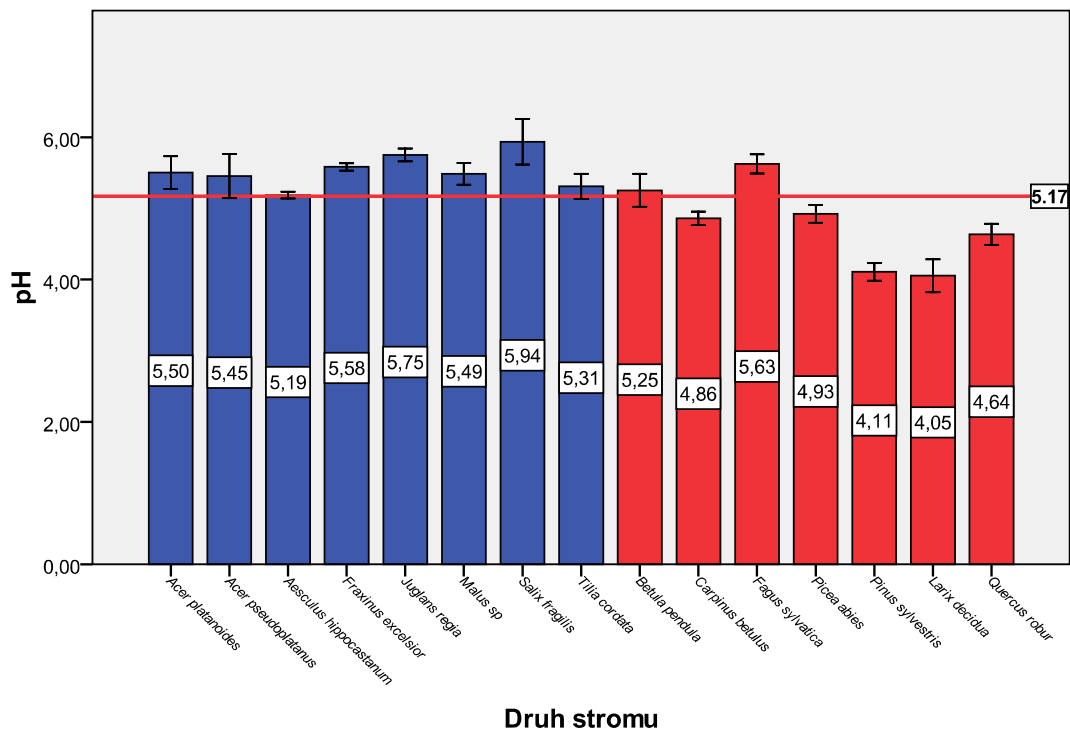
Tilia cordata

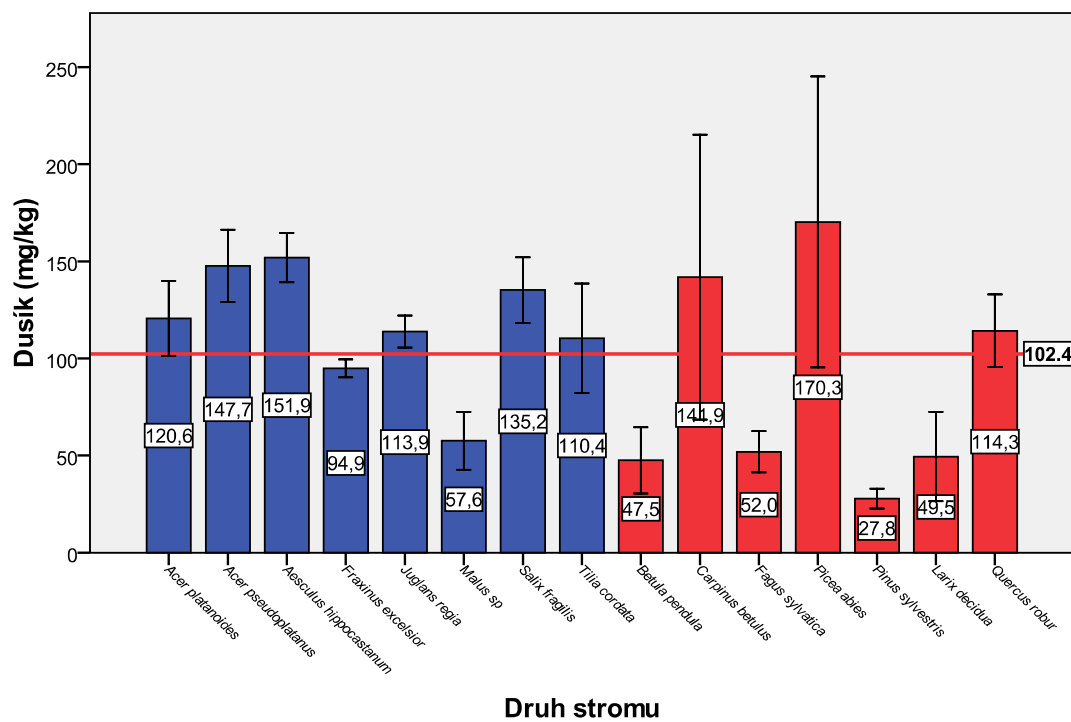
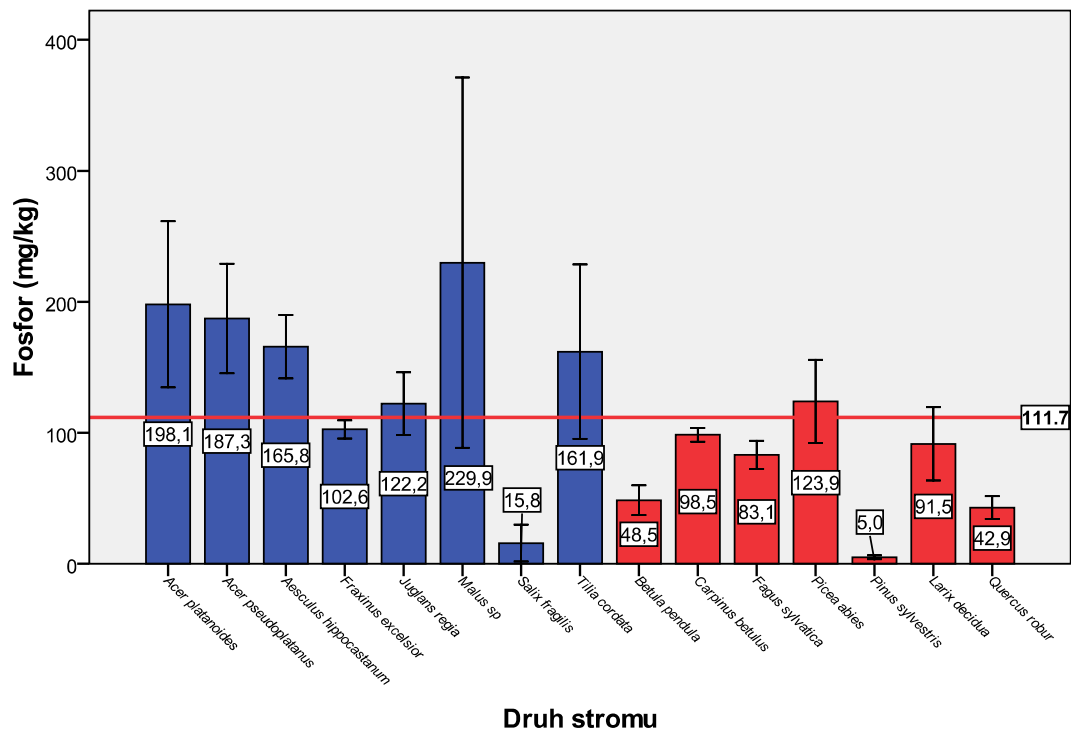
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Obvod kmene (m)	12	,45	2,60	1,1667	0,75
pH	12	4,95	5,51	5,3083	0,18
DOC (mg/kg)	12	1333	1621	1469,06	95,34
Celkový fosfor (mg/kg)	12	71,24	293,72	161,9450	66,54
Celkový dusík (mg/kg)	12	60,10	145,70	110,3583	28,18
K (mg/kg)	12	1512,01	2044,64	1744,7125	158,54
Ca (mg/kg)	12	512,41	591,93	550,1608	23,11
Mg (mg/kg)	12	39,91	59,86	49,7317	5,60
Cl (mg/kg)	12	576,89	660,56	615,4608	28,10
Na (mg/kg)	12	71,04	132,91	102,0775	22,68
Sírany (mg/kg)	12	176,87	699,46	429,1417	185,35
Vodivost (uS/m)	12	812	916	855,00	30,76
Pb (mg/kg)	8	,21	3,83	2,2261	1,30
Cd (mg/kg)	8	,39	1,68	,9935	0,50
Cu (mg/kg)	8	1,13	4,97	2,6523	1,28
Zn (mg/kg)	8	6,26	18,69	10,6335	3,76
Ni (mg/kg)	8	1,00	4,89	3,0139	1,53
Fe (mg/kg)	8	15,20	256,49	72,8318	80,66
Mn (mg/kg)	8	19,83	251,56	132,1671	103,49
Cr (mg/kg)	8	6,303	27,862	10,02612	7,39
As (mg/kg)	8	,18	,66	,3903	0,21

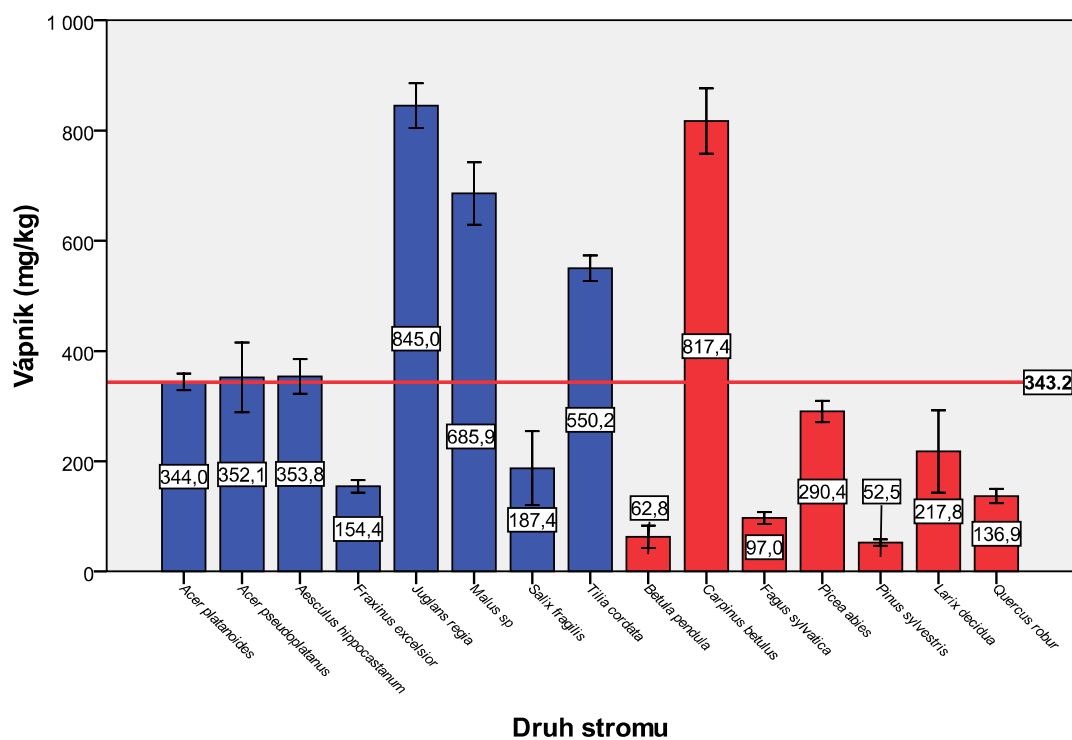
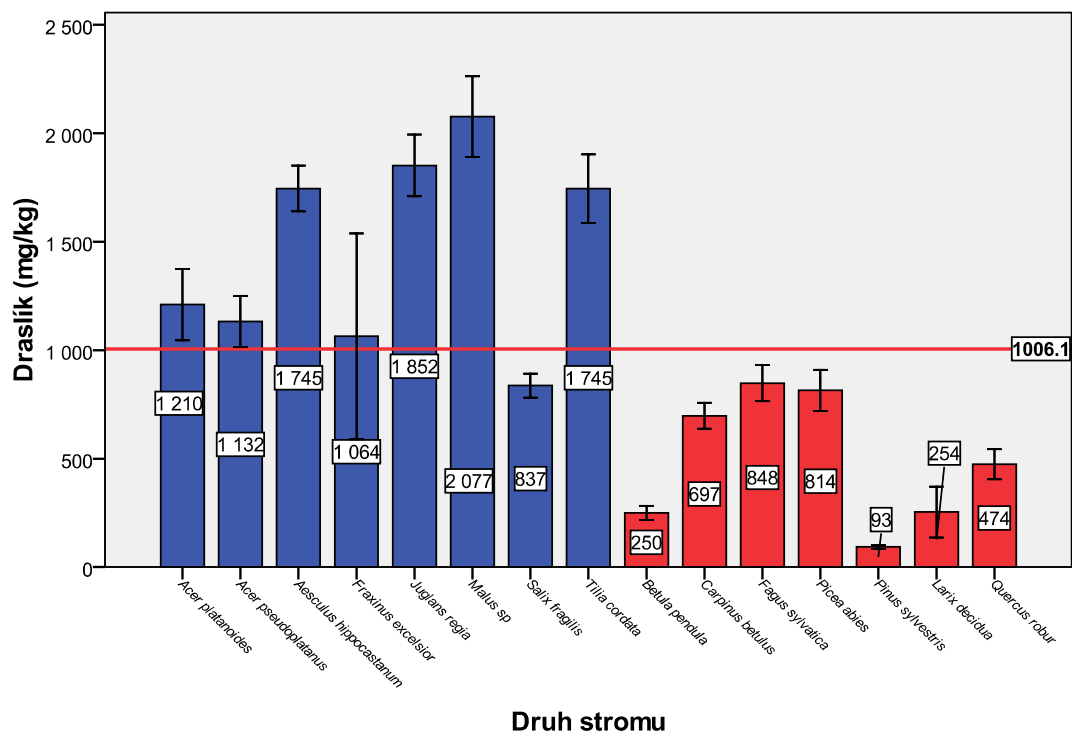
Příloha č. 5

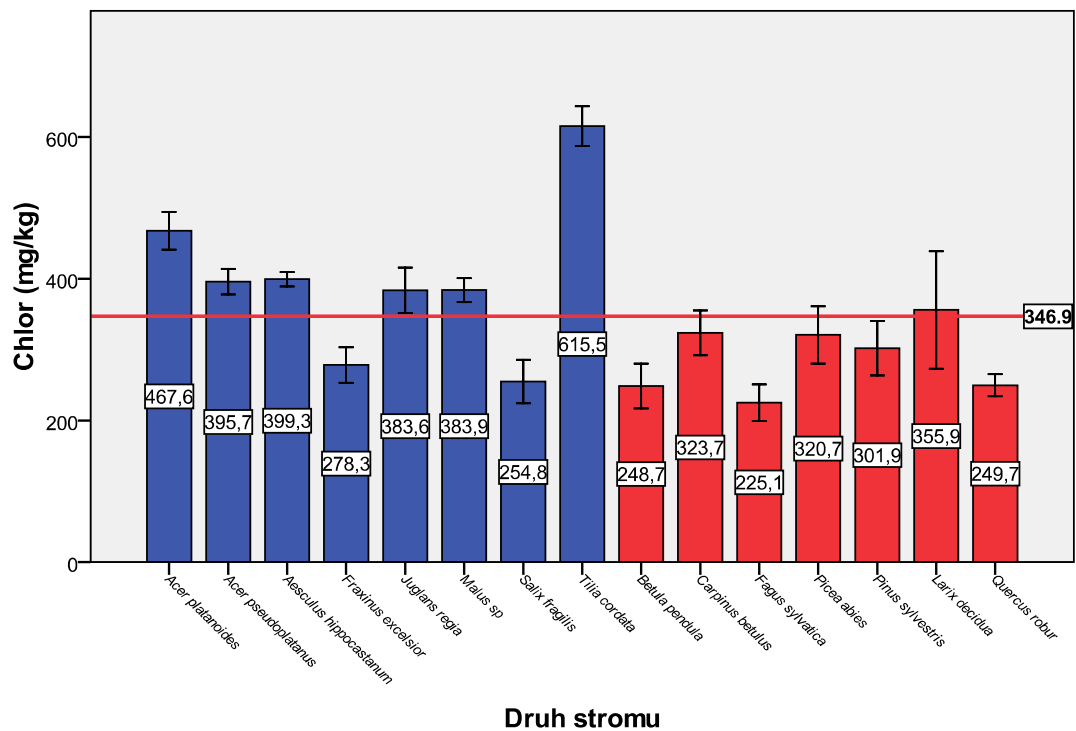
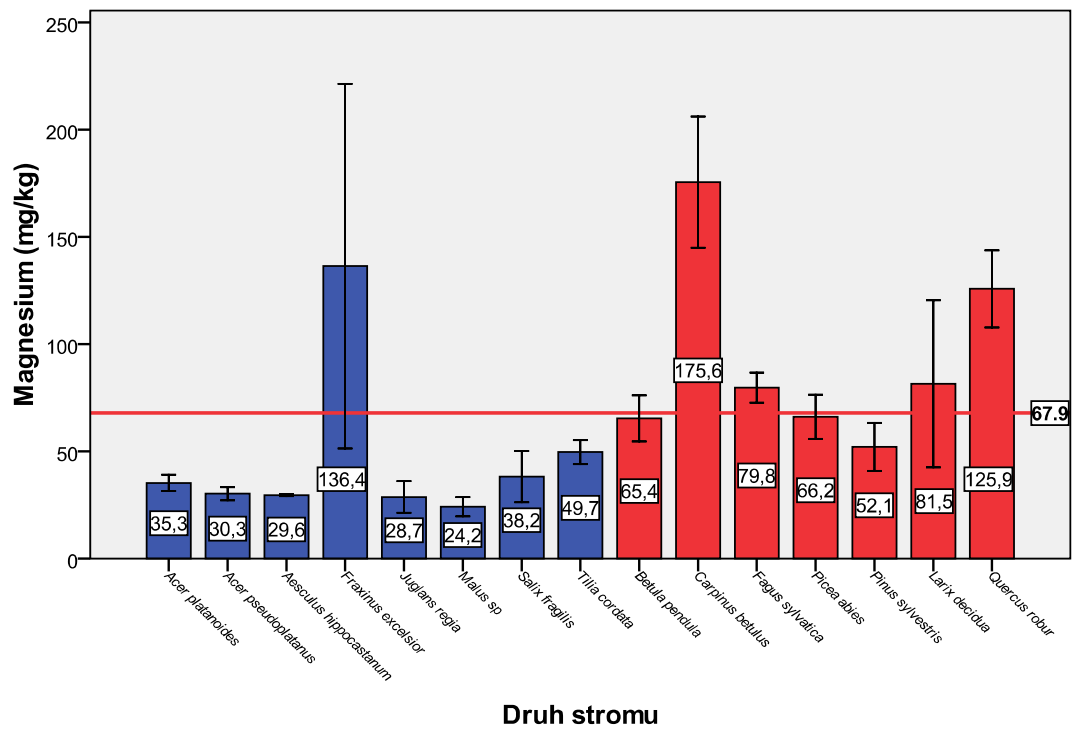
**Průměrné hodnoty sledovaných prvků, konduktivity a pH u jednotlivých
druhů stromů v pozadových oblastech**

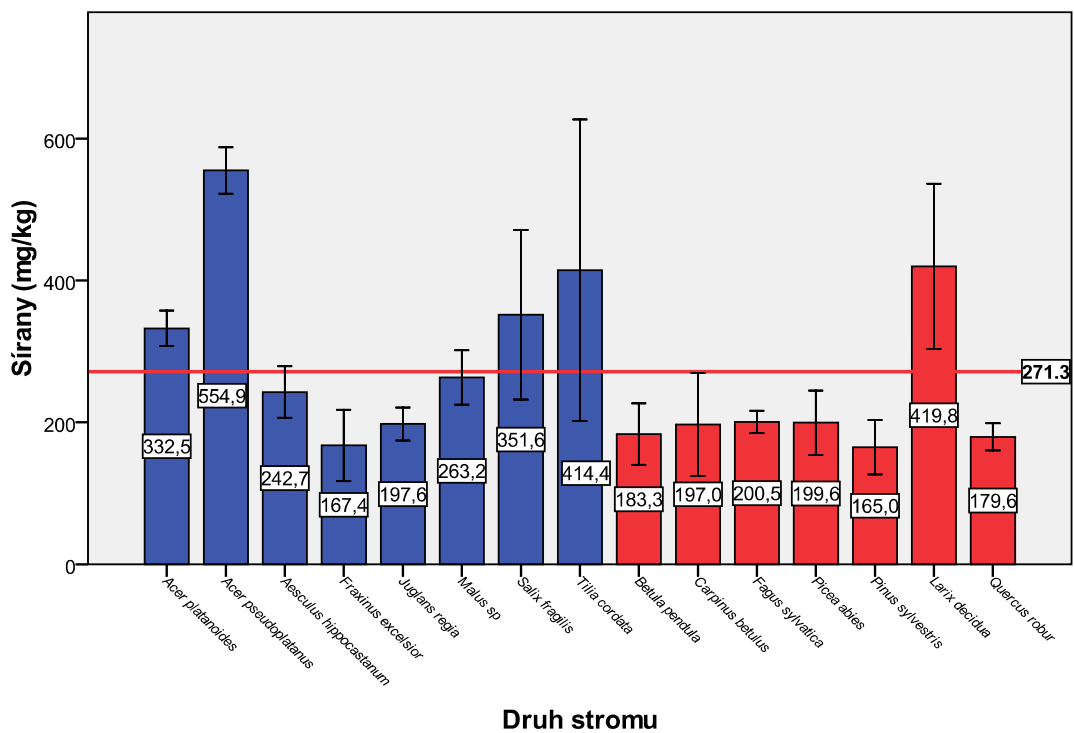
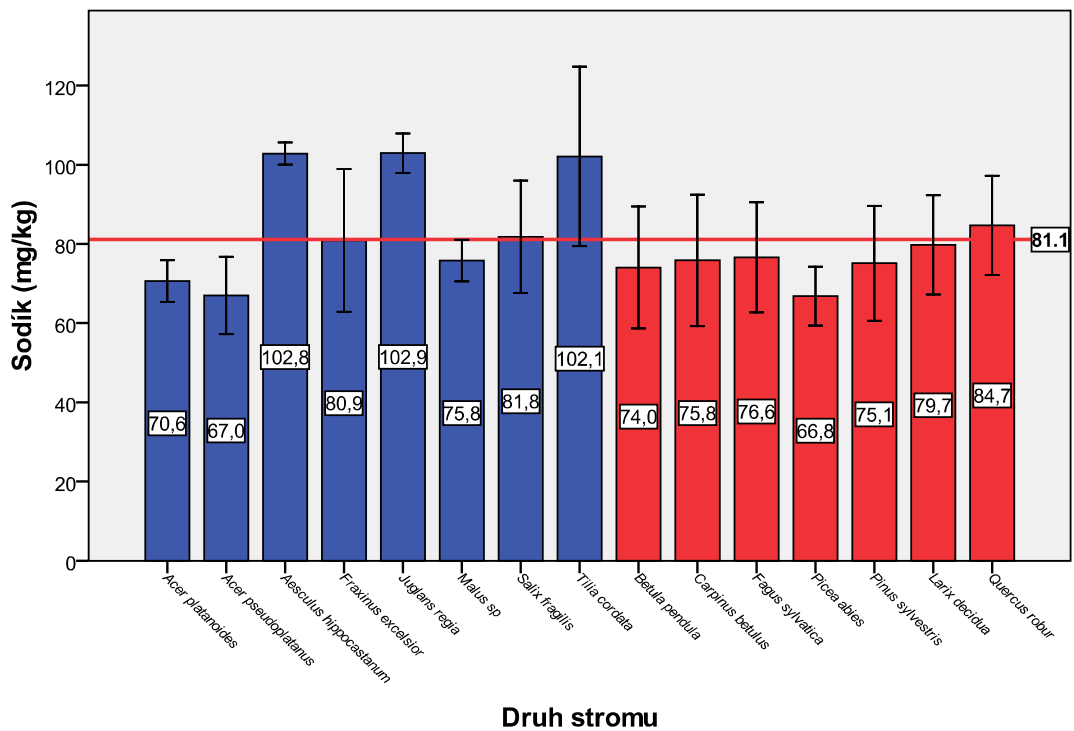
Počet stran: 10

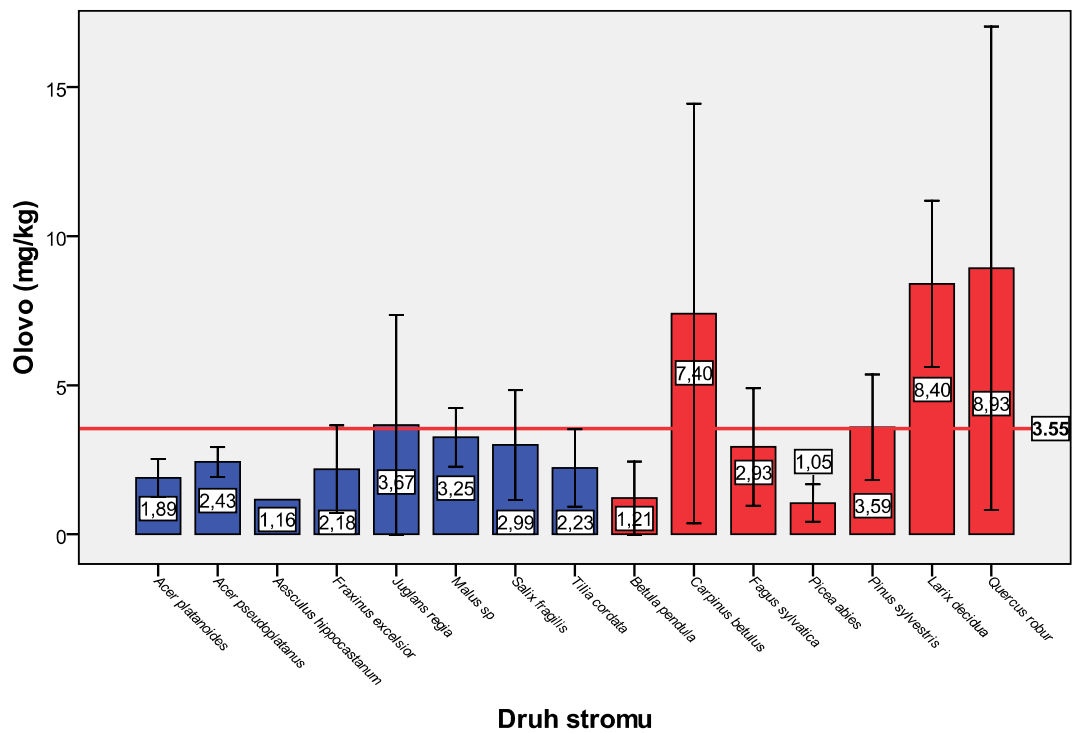
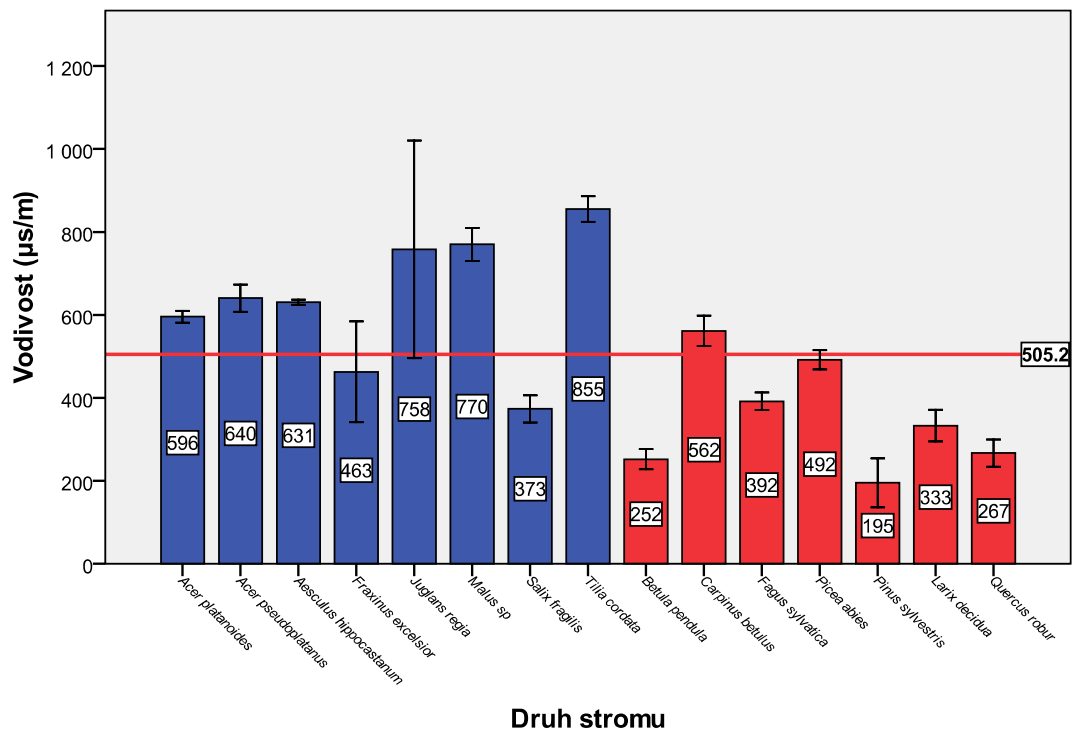


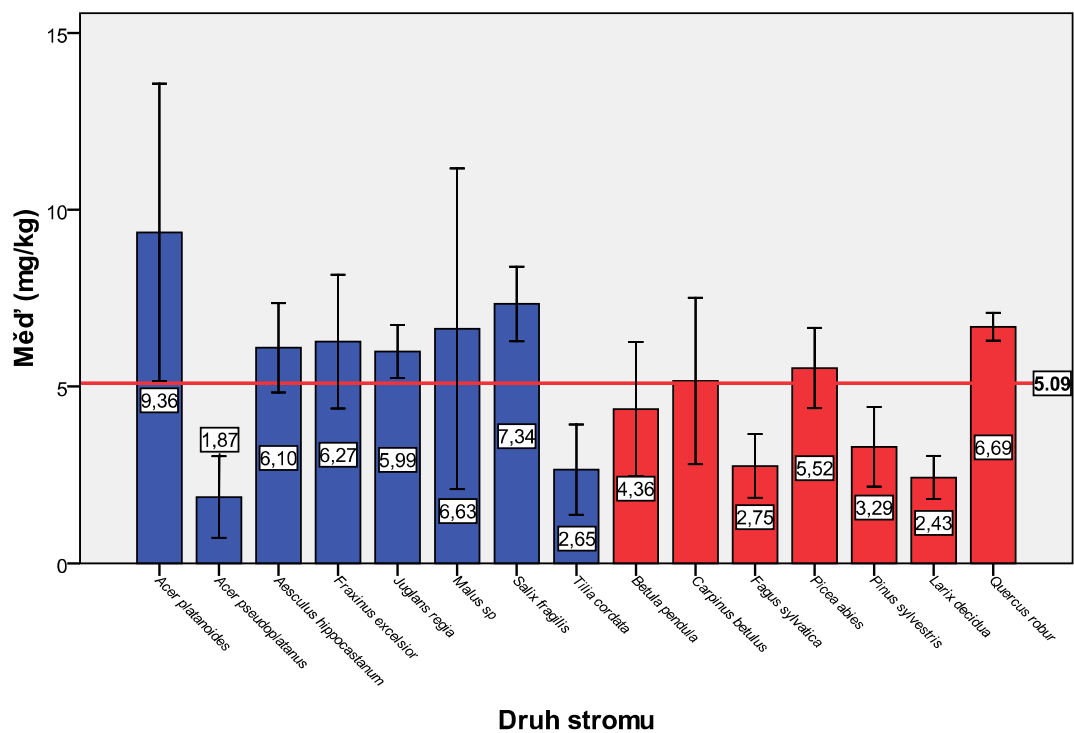
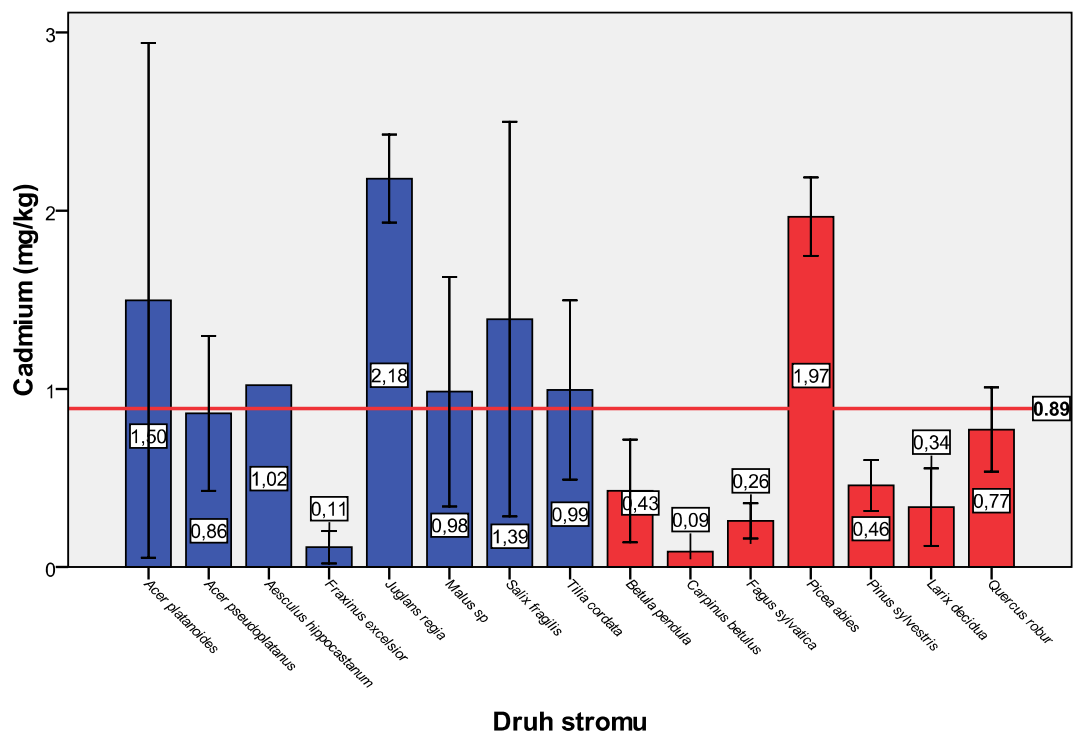


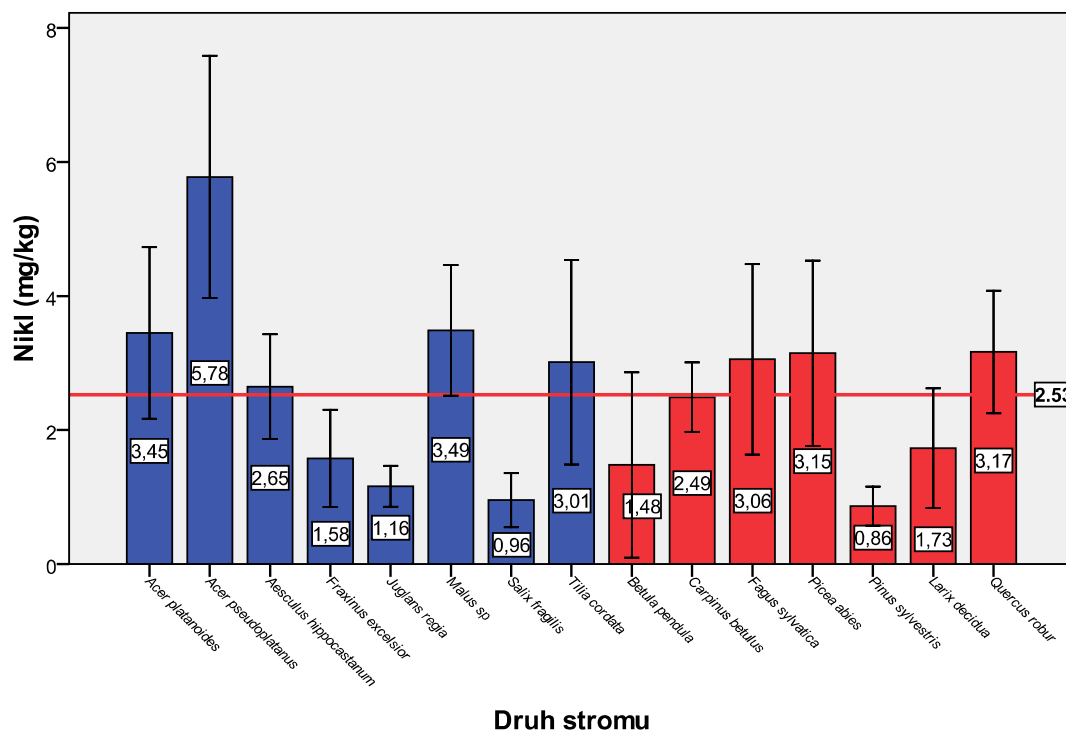
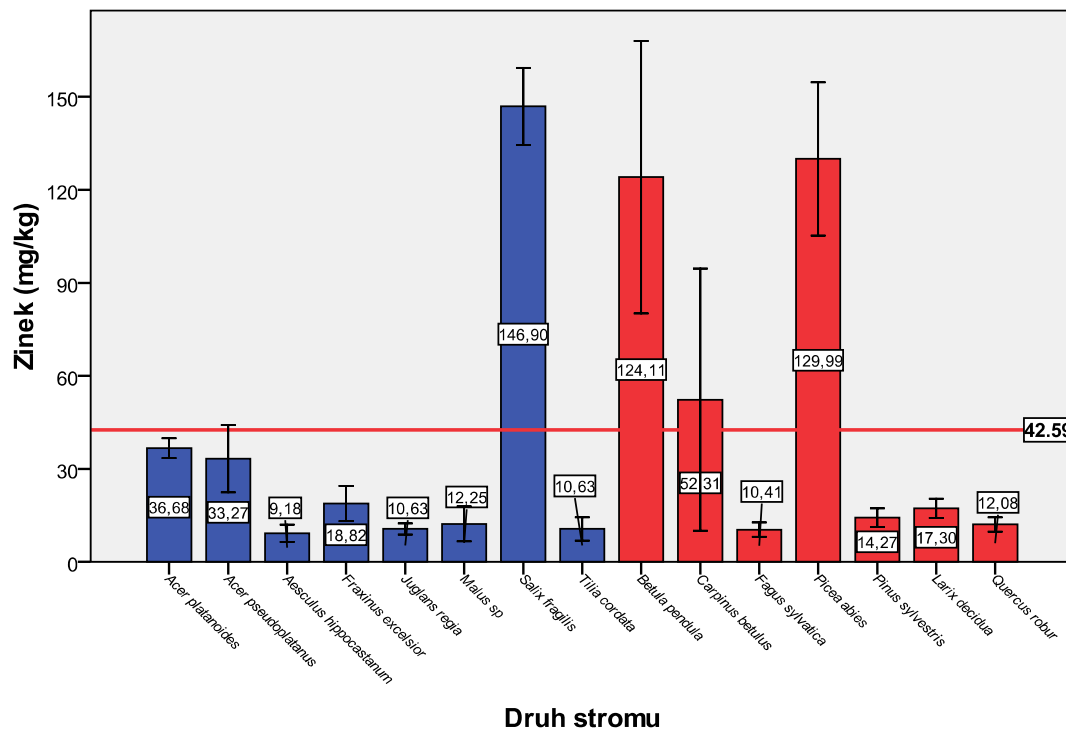


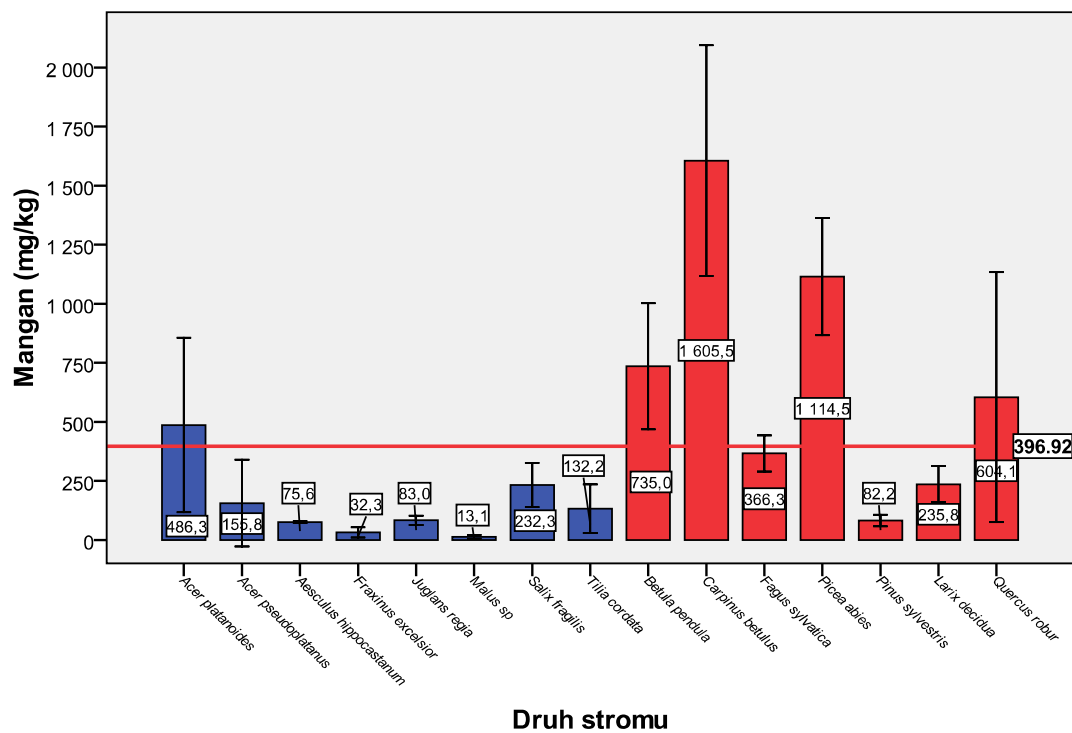
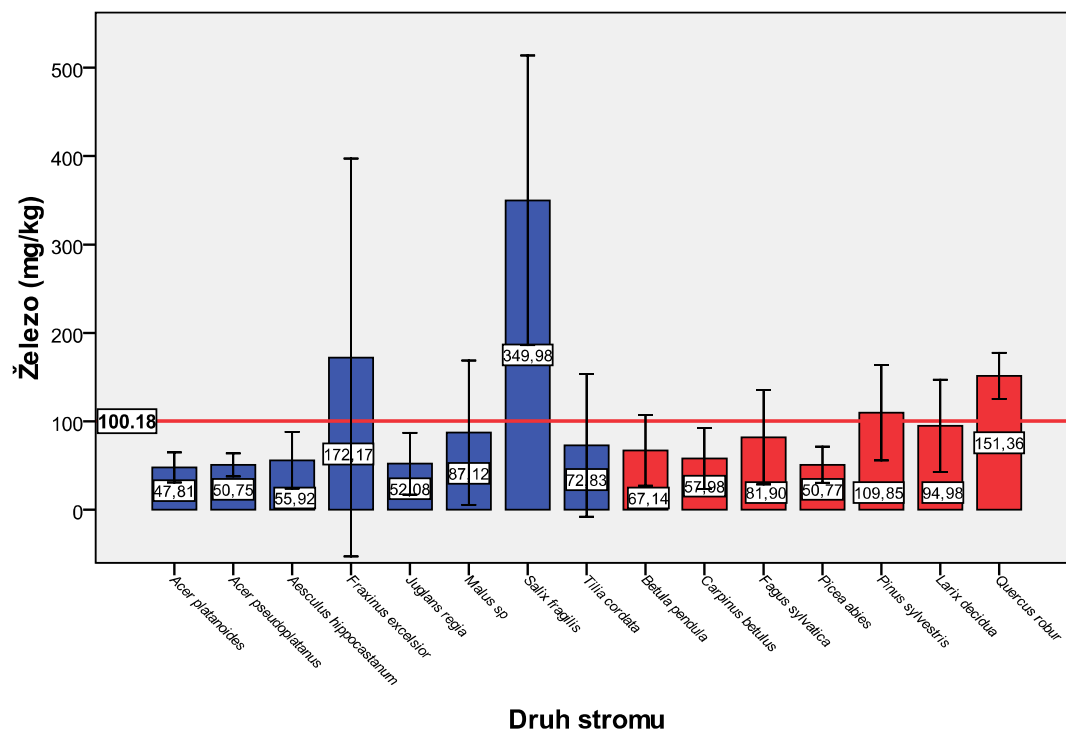


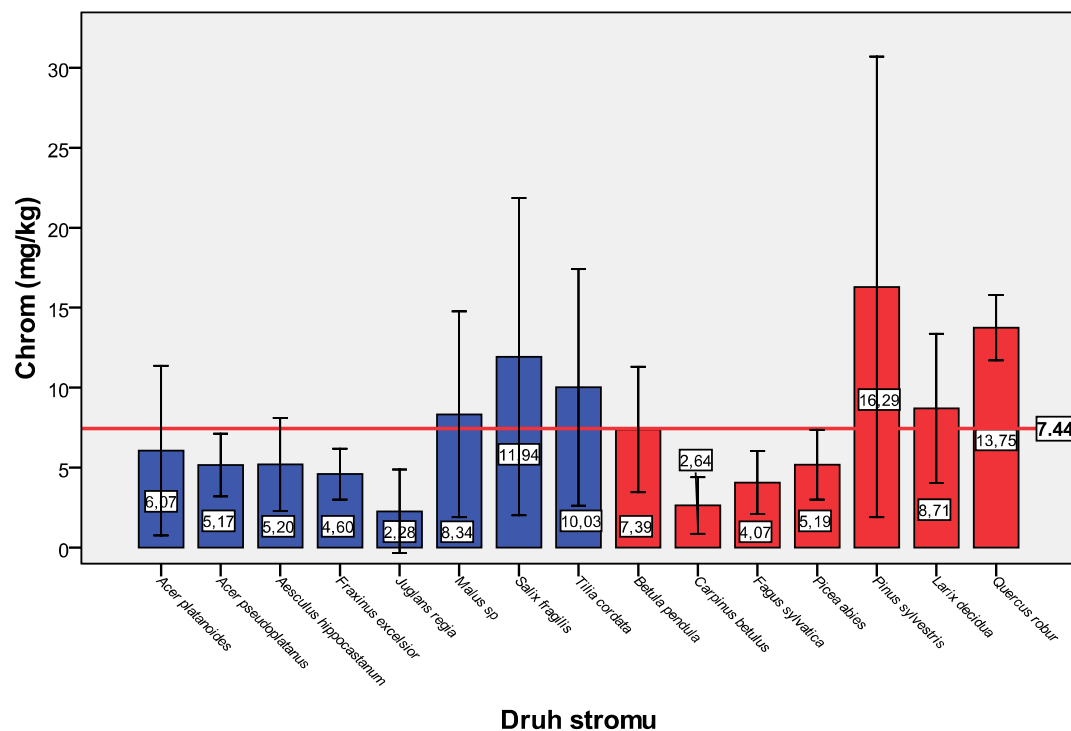
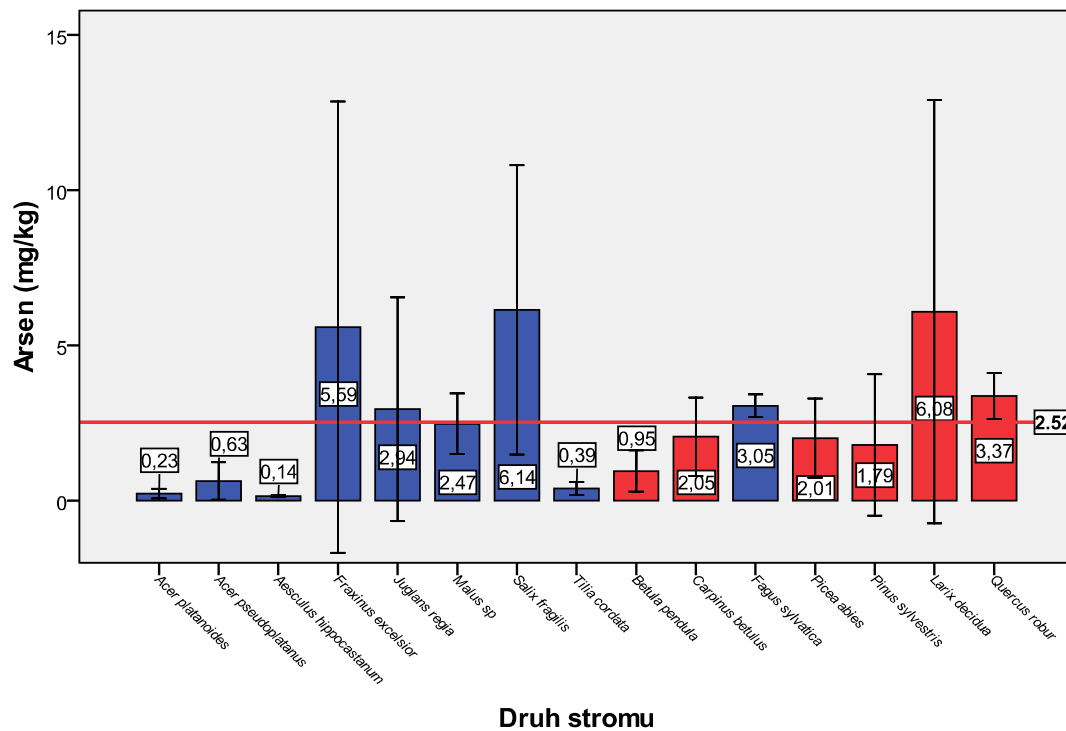












Příloha č. 6

GPS souřadnice stromů s výskytem druhů rodu Orthotrichum

Počet stran: 2

OBLAST	druh stromu	druh mechorostu	GPS
V4	nic	bez druhu <i>Orthotrichum</i>	
V8	Malus sp	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 46.026 E18 34.070
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 46.026 E18 34.071
JV4	Malus sp.	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 44,503 E18 29 219
JV8	Salix sp	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 43.268 E18 30.587
	Salix sp	<i>Orthotrichum speciosum</i>	N49 43.268 E18 30.588
	Salix sp	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 43.268 E18 30.589
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 43.268 E18 30.590
JV16	Aesculus hyppocastanum	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39.322 E18 34.186
	Aesculus hyppocastanum	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39.327 E18 34.180
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 39.327 E18 34.181
	Malus sp	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39 327 E18 34.180
		<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	N49 39 327 E18 34.181
	Malus sp	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39.457 E18 34.334
		<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	N49 39.457 E18 34.335
	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39.466 E18 34.339
JV32	Acer pseudoplatanus	<i>Orthotrichum speciosum</i>	N49 39.345 E18 34.333
	Aesculuc hyppocastanum	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 39.346 E18 34.336
J8	Salix sp.	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 42.553 E18 25.980
	Malus sp.	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 42.314 E18 26.030
J16	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 38.145 E18 27.035
	Aesculuc hyppocastanum	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 38.127 E18 26.988
	Malus sp.	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 38.043 E18 27.208
		<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	N49 38.043 E18 27.208
	Populus nigra	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 37.969 E18 27.249
		<i>Orthotrichum speciosum</i>	N49 37.969 E18 27.250
		<i>Orthotrichum stramineum</i>	N49 37.969 E18 27.251
		<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	N49 37.942 E 18 27.287
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 37.942 E 18 27.288
J32	Acer platanoides	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 29.218 E18 28.787
		<i>Orthotrichum pallens</i>	N49 29.218 E18 28.788
		<i>Orthotrichum stramineum</i>	N49 29.218 E18 28.789
		<i>Orthotrichum speciosum</i>	N49 29.218 E18 28.790
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 29.241 E18 28.786
		<i>Ulota bruchi</i>	N49 29.218 E18 28.790
	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum striatum</i>	N49 29.265 E18 28.900
	Aesculuc hyppocastanum	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 29.363 E18 29.284
		<i>Orthotrichum pallens</i>	N49 29.363 E18 29.285
		<i>Orthotrichum speciosum</i>	N49 29.363 E18 29.286
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 29.363 E18 29.287

OBLAST	druh stromu	druh mechorostu	GPS
JZ4	nic	bez druhu <i>Orthotrichum</i>	
JZ8	nic	bez druhu <i>Orthotrichum</i>	
JZ16	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 40.054 E18 15.664
JZ32	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 36.184 E18 05.582
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 36.184 E18 05.583
	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 36.259 E18 06.028
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 36.259 E18 06.029
	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 36.249 E18 06.034
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 36.249 E18 06.035
Z4	Juglans regia	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 46.347 E18 23.167
		<i>Orthotrichum anomalum</i>	N49 46.347 E18 23.168
	Malus sp	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 46.341 E18 23.165
Z8	nic	bez druhu <i>Orthotrichum</i>	
Z16	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 45.384 E18 12.242
		<i>Orthotrichum pallens</i>	N49 45.384 E18 12.243
		<i>Orthotrichum anomalum</i>	N49 45.384 E18 12.244
Z32	Betula pendula	2 <i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 46.027 E18 59.248
SZ4	Juglans regia	<i>Orthotrichum anomalum</i>	N49 47.589 E18 24.337
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 47.589 E18 24.338
		<i>Orthotrichum affine</i>	N49 47.589 E18 24.339
SZ8	Acer platanoides	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 49.364 E18 22.005
	Populus nigra	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 49.366 E18 22.024
	Acer platanoides	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 49. 347 E18 22.038
SZ16	Salix,Tilia,Fraxinus-NiC	bez druhu <i>Orthotrichum</i>	
SZ32	Tilia cordata	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 57.542 E18 05.553
	Tilia cordata	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 57.540 E18 05.524
	Salix sp.	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 57.335 E18 06.044
S4	Acer pseudoplatanus	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 48.075 E18 27.075
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 48.075 E18 27.076
	Acer pseudoplatanus	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 48.082 E18 27.059
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 48.082 E18 27.060
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 48.082 E18 27.061
	Aesculus hyppocastanum	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 48.049 E18 27.034
	Acer pseudoplatanus	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 48.084 E18 27.051
		<i>Orthotrichum affine</i>	N49 48.084 E18 27.052
S8	Juglans regia	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 50.253 E18 26.45
S16	Juglans regia	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 54.037 E18 26.042
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 54.037 E18 26.043
	Acer pseudoplatanus	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 54.037 E18 26.024
SV4	Malus sp.	<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 47.354 E18 29.381
	Populus nigra	<i>Orthotrichum anomalum</i>	N49 47.347 E18 29.178
SV8	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 49.134 E18 31.425
	Fraxinus excelsior	<i>Orthotrichum affine</i>	N49 49.132 E18 31.425
		<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 49.132 E18 31.426
		<i>Orthotrichum pumilum</i>	N49 49.132 E18 31.427
	Juglans regia	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	N49 49.030 E18 31.336